

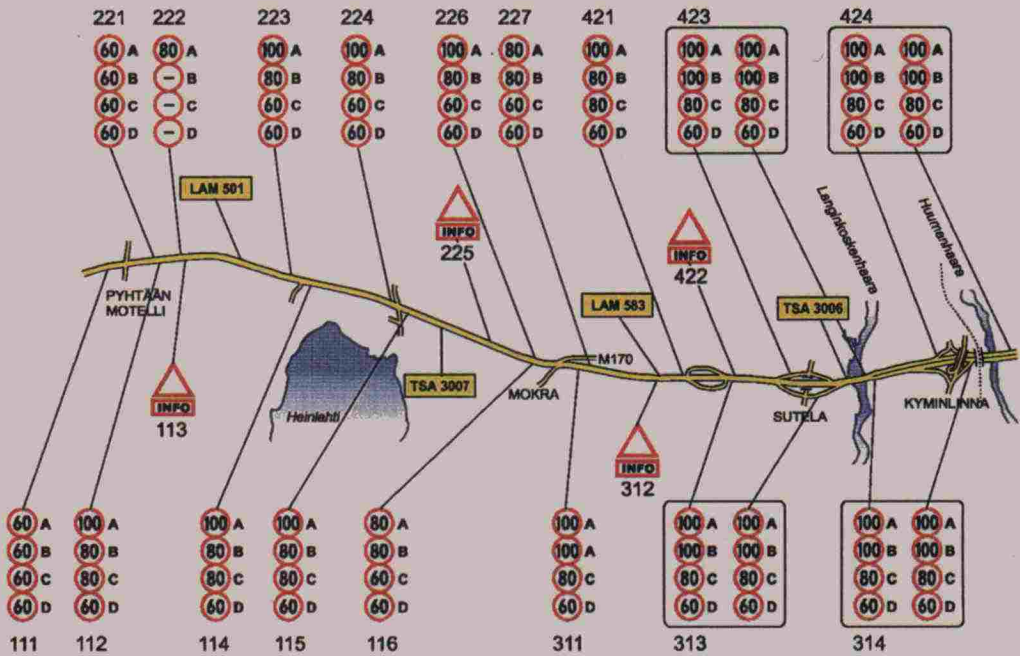
2080 0347



Tielaitos

Pirkko Rämä, Juha Raitio, Virpi Harjula ja Anna Schirokoff

# Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen- ohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajo- rataisella osuudella valtatiellä 7



## MERKKIEN SELITYKSET

MITTAKAAVA  
1000 m 3 km

- TSA 3007 Tiesäksäsema nro 3007
- LAM 501 Liikenteen automaattinen mittausplate nro 501
- INFO Muuttuvan varoitusmerkin ja tiedotustaulun yhdistelmä ja merkkiryhmä

- ### VAIHTUVA NOPEUSRAJOITUS
- 80 A hyvässä kelissä
  - 80 B normaalilla kelillä
  - 60 C huonolla kelillä
  - 60 D erittäin huonolla kelillä
- 116 Merkkiryhmä



TUTKIMUSALUE

Tielaitoksen  
selvityksiä  
44/1999

Helsinki 1999

TIEHALLINTO  
Liikenteen palvelut



# VIKING



08 TIEL

Tielaitoksen selvityksiä  
44/1999

Pirkko Rämä, Juha Raitio, Virpi Harjula ja Anna Schirokoff

## **Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 7**



Tielaitos  
TIEHALLINTO

Helsinki 1999



ISSN 0788-3722  
ISBN 951-726-588-3  
TIEL 3200587

OSWALD Interkopio Oy  
Mikkeli 2000

Julkaisun kustannus ja jakelu:  
Tielaitos  
Kaakkois-Suomen tiepiiri  
Telefax 0204 44 6256



**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Liikenteen palvelut  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihde 0204 44 150

Pirkko Rämä, Juha Raitio, Virpi Harjula ja Anna Schirokoff: Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 7. Helsinki 1999. Tielaitos, Tielaitoksen selvityksiä 44. 68 s. + liitt. 11 s. ISBN 951-726-588-3. ISSN 0788-3722. TIEL 3200587.

**Asiasanat:** liikenteen ohjaus, ohjausjärjestelmät, muuttuvat opasteet, nopeusrajoitukset, keli, kuljettajat, käyttäytyminen, vaikutukset

**Aiheluokka:** 22, 84

## TIIVISTELMÄ

Kiinteiden talvinopeusrajoitusten rinnalla ja niitä täydentämään on Suomessa kehitetty sää- ja kelitietoon perustuvaa vaihtuvien nopeusrajoitusten järjestelmää. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli arvioida sääohjatun nopeusrajoitus- ja opastejärjestelmän vaikutuksia kuljettajan käyttäytymiseen yksiajorataisella sekaliikennetiellä ja moottoriliikennetiellä. Sääohjatulla tiellä on aikaisemmin tehty tutkimus tällaisen järjestelmän vaikutuksista moottoritieosuudella.

Koko Sääohjatun tien pituus on nykyisin 25 km. Sääohjatun tien yksiajorataisen osuuden 32 nopeusrajoitusmerkkiä ovat muuttuvia kuituoptyisiä merkkejä, minkä lisäksi jaksolla on 8 muuttuvaa opastetta. Käytössä olevat nopeusrajoitukset ovat tällä jaksolla 60 km/h, 80 km/h ja 100 km/h.

Tietoa kuljettajien käyttäytymisestä kerättiin yhdestä sekaliikennetien ja yhdestä moottoriliikennetien mittauspisteestä. Vertailuaineisto kerättiin samalta tieltä koeosuuden länsipuolelta, ja se sopi käytettyjen nopeusrajoitusten takia vertailutilanteeksi talven osalta sekaliikennetielle ja kesän osalta moottoriliikennetielle. Tutkimuksessa käytettiin ennen-jälkeen -asetelmaa.

Talvella muuttuvaa 100 km/h -nopeusrajoitusta käytettiin sekaliikennetien mittauspisteessä noin 9 % ajasta ja 60 km/h -rajoitusta noin 1 % ajasta, muulloin käytössä oli 80 km/h rajoitus. Ennen muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöönottoa osuudella oli kiinteä 80 km/h -nopeusrajoitus. Nopeusrajoituksen nostaminen talvella 80 km/h:sta 100 km/h:iin nosti keskinopeutta hyvällä kelillä 3,9 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 5,3 %), kohtalaisella kelillä 5,4 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 3,3 %) ja huonolla kelillä 7,3 km/h (0,1 %). Entisen 80 km/h -nopeusrajoituksen säilyttäminen mutta esittäminen kuituoptyisellä merkillä alensi keskinopeutta hyvissä kelioloissa 3,2 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 14,4 %) ja nosti nopeutta huonoissa ja kohtalaisissa kelioloissa noin 1 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 71,1 %). Muuttuva liukas ajorata -varoituserkki alensi keskinopeutta huonolla kelillä 2,5 km/h ja kohtalaisella kelillä 1 km/h. Pienten, alle sekunnin, aikavälien osuutta jonoissa Muuttuva liukas ajorata -varoituserkki vähensi noin 25 %. Muuttuva 80 km/h -rajoitus ilman liukas ajorata -varoituserkkiä vähensi pienten aikavälien osuutta noin 10 %. Muuttuva 100 km/h -rajoitus ei vaikuttanut pienten aikavälien osuuteen merkitsevästi hyvällä kelillä mutta lisäsi pienten aikavälien osuutta normaalilla kelillä 31 %.

Kesällä muuttuvaa 80 km/h -nopeusrajoitusta käytettiin moottoriliikennetien mittauspisteessä noin 3 % ajasta. Nopeusrajoituksen alentaminen 100 km/h:sta 80 km/h:iin alensi keskinopeutta huonon kelin aikana 3,0 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 0,4 %), kohtalaisella kelillä 3,2 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 1,1 %) ja hyvällä kelillä 2,4 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 1,4 %). Muuttuva

nopeusrajoitus 100 km/h kuituoptisella merkillä osoitettuna nosti keskinopeutta kesällä hyvällä kelillä 1,3 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 74,2 %), kohtalaisella kelillä 1,2 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 21,4 %) ja huonolla kelillä 0,6 km/h (tilanteiden osuus koko ajasta 1,5 %). Vertailutilanteena olivat keskinopeudet ennen järjestelmän rakentamista, kun rajoitus oli kiinteä 100 km/h.

Kuljettajia haastateltiin sekaliikennetieosuudella lähellä Pyhtäätä. Haastattelujen aikana esitettiin vaihtuvien nopeusrajoitusten lisäksi kaksi erilaista muuttuvaa opastetta: varoitusmerkki "muu vaara" ja tekstiviesti "puuskainen tuuli" sekä tekstiviesti "muista turvaväli" ilman varoitusmerkkiä. Aineisto sisälsi 327 suomenkielistä kuljettajaa.

Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin arvon muisti 95 % kuljettajista. Muu vaara -varoitusmerkin muisti 73 % kuljettajista ja muuttuvan opasteen tekstiviestin "puuskainen tuuli" 77 % kuljettajista. Muista turvaväli -tekstiviestin muisti 47 % kuljettajista. Puuskainen tuuli -tekstiviestin ohittaneista kuljettajista 57 % ilmoitti, että merkki olisi vaikuttanut heidän ajokäyttäytymiseen, kun vastaavasti "muista turvaväli" -tekstiviestin ohittaneista kuljettajista vastaava osuus oli 45 %.

Kuljettajista 70 % tiesi, että sää ja keli vaikuttivat näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen. Edelleen 56 % tiesi ohjauksen perustuvan ajantasaiseen sää- ja kelitietoon. Kuljettajista 96 % piti sää- ja keliolosuhteiden mukaan muuttuvia nopeusrajoituksia hyödyllisinä. Useimmiten mainitut järjestelmän edut olivat liikenneturvallisuuden parantuminen, sujuvuuden parantuminen ja nopeusrajoitusten parempi noudattaminen. Kuljettajista 52 % vastasi, ettei järjestelmällä ollut heidän mielestään mitään haittoja. Kaksikymmentäneljä prosenttia mainitsi, että nopeusrajoitukset eivät heidän mielestään olleet aina oikein asetettuja. Kuljettajista 67 % sanoi järjestelmän olevan luotettava aina tai useimmiten.

Järjestelmää pidetään yleisesti ottaen hyvänä ja tarpeellisena. Ohjausperiaatteiden tuntemus näyttäisi vähän heikentyneen aikaisempiin haastatteluihin

verrattuna, eikä ajantasaisesta ohjauksesta olla ehkä riittävän tietoisia. Niiden osuus, jotka pitivät nopeusrajoitusta liian alhaisena, kun keli oli hyvä, näyttää vähän lisääntyneen aikaisempiin haastattelutuloksiin verrattuna. Muuttuvien nopeusrajoitusten ja varoitusten muistaminen oli hyvää tasoa. Laajennusjaksolla varoitusten muistaminen ja arvioitu vaikutus käyttäytymiseen oli jopa parempaa kuin aikaisemmassa moottoritieosuuden tutkimuksessa.

Johtopäätöksenä on, että järjestelmä oikein käytettynä vaikuttaa sille asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Hyvällä kelillä keskinopeuden nousu oli kohtuullista parantaen sujuvuutta. Huonolla kelillä nopeusrajoituksen alentaminen pienensi keskinopeutta ja vähensi lähellä ajamista, mikä on liikenneturvallisuuden kannalta myönteistä. Tulokset osoittivat myös, että vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän käyttö asettaa suuret vaatimukset ohjausjärjestelmälle. Virheelliset käyttötilanteet nostivat keskinopeutta kohtuuttomasti ja lyhensivät aikavälejä merkittävästi, ja heikentävät siten liikenneturvallisuutta. Kuljettajat hyväksyvät vaihtuvat nopeusrajoitukset ja luottavat niiden oikeellisuuteen.



Pirkko Rämä, Juha Raitio, Virpi Harjula ja Anna Schirokoff: Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 7. [Effects of the weather-controlled traffic management system on single-carriageway road section of E18]. Helsinki 2000. Finnish National Road Administration. 68 p. + app. 11 p. ISBN 951-726-588-3. ISSN 0788-3722. TIEL 3200587.

**Keywords:** traffic control, control system, variable message sign, speed limits, road conditions, driver behaviour, effect

## ABSTRACT

A variable speed limit system controlled by weather and road condition data has been developed in Finland parallel to seasonally changing speed limits. The effects of variable speed limits has previously been investigated on the motorway section. This study was designed to investigate the effects of the variable speeds limit and messages on single-carriageway roads, a two-lane section and a semi-motorway section.

The total length of the weather controlled road is currently 25 km. All 32 speed limit signs on the section are variable fibre optic signs. In addition there are eight variable message information and warning signs. The speed limits used on the section are 60 km/h, 80 km/h and 100 km/h.

Data on driver behaviour were obtained from one measurement station on the undivided mixed traffic road and one measurement point on the semi-motorway. The data from the undivided mixed traffic road was used as control data for the undivided mixed traffic road in winter and for the semi-motorway in summer. The design was a before-after study with a control road.

In winter 100 km/h variable speed limit was used approximately 9% and the 60 km/h speed limit roughly 1% of the time. At other times the speed limit was 80 km/h. The effects of the variable speed limits on mean speeds were estimated by comparing mean speeds when the fixed 80 km/h speed limit was in force with those when the variable speed limit system was in use. Increasing the speed limit from 80 km/h to 100 km/h increased the mean speed by 3.9 km/h in good road surface conditions (share of total time 5.3%) by 5.4 km/h in moderate road surface conditions (share of total time 3.3%) and by 7.3 km/h in bad road surface conditions (share of total time 0.1%). If the speed limit was kept at 80 km/h but displayed with fibre optic signs (instead of fixed signs), the mean speed decreased by 3.2 km/h in good road surface conditions (share of total time 14.4%) and increased by about 1 km/h in bad and moderate road surface conditions (share of total time 71.1%). If the slippery road warning was displayed the mean speed decreased by 2.5 km/h in bad road conditions and by 1 km/h in moderate conditions. The slippery road sign reduced the proportion of drivers in queues with headways of less than one second by 25%. The 80 km/h variable speed limit without the slippery road sign reduced the proportion of short headways about by 10%. In good road surface conditions the 100 km/h variable speed limit did not significantly affect the proportion of short headways but increased the proportion of short headways in normal road surface conditions by 31%.

In the summertime the 80 km/h variable speed limit was used on the semi-motorway approximately 3% of the time. Decreasing the speed limit from 100 km/h to 80 km/h decreased the mean speed by 3 km/h in bad road surface conditions (share of total time 0.4%), by 3.2 km/h in moderate conditions (share of total time 1.1%) and by 2.4 km/h in good conditions (share of total time 1.4%). The speed limit of 100 km/h displayed with fibre optic signs increased the mean speed by 1.3 km/h in good road surface conditions (share of total time 74.2%), by 1.2 km/h in moderate (share of total time 21.4%) and by 0.6 km/h in bad conditions (share of total time 1.5%). The mean speeds before building the new system, when the speed limit was fixed at 100 km/h, were used as control situations.

Drivers were interviewed on the undivided mixed traffic road near Pyhtää. In total, 327 Finnish drivers were interviewed. Two different variable signs were displayed during the interviews: the "other danger" sign with the text "gusty wind", and the text "keep your distance".

Overall, 95% of the drivers recalled the speed limit shown with the variable sign, 73% of recalled the "other danger" sign and 76.6% the "gusty wind" text. The "keep your distance" text was remembered by 47.4% of the drivers. Fifty-seven per cent of drivers who encountered the "gusty wind" text sign indicated that the sign affected their driving behaviour. The corresponding percentage for "keep your distance" was 45.2%.

Seventy percent of drivers knew that weather and road condition determinate the speed limits shown. Furthermore, 56% of knew that speed limits are based on real time weather and road surface condition data. Ninety-six per cent of the drivers considered the variable signs based on real time weather and road surface condition data to be worthwhile. The most usual benefits mentioned were increased traffic safety, better traffic flow and increased compliance with speed limits. Fifty-two per cent of the drivers found no disadvantages with the system. Twenty per cent of the drivers thought that the speed limits were not always right. Sixty-seven per cent thought that the system was always or mostly reliable.

The system was generally deemed as good and useful. Knowledge of the control strategies seems to have decreased a little and people are not sufficiently aware of the real-time controls. The percentage of drivers who considered the speed limits too low in good road surface conditions has increased slightly compared with earlier interviews. The variable signs were recalled well. The recall of signs and estimated effect on driver behaviour on the test extension were even better than on the earlier motorway test road.

In conclusion, the effects of the system are as expected if the system is appropriately used. The increase in mean speed improved the fluency in good road conditions, probably with no detrimental side-effects. In adverse road conditions the lowered speed limit decreased the mean speed and headways between vehicles, which is desirable for traffic safety. In addition, the findings suggest that the use of variable speed limits calls for a sophisticated control system. Inadequate speed limits increased the mean speed excessively and decreased the



headways substantially, thereby reducing traffic safety. The drivers accept variable speed limits and rely on the system.

The study has been granted European Community financial aid in the field of Trans-European Networks - Transport.

## ALKUSANAT

Tutkimus on osa "Tieliikenteen telematiikka – E18-kokeilualue" -projektia. Tielaitoksen liikenteen hallintaprojekti on aikaisemmin teettänyt tutkimuksen sääohjatun liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutuksista Kotkan–Haminan moottoritieosuudella. Kun sääohjattua järjestelmää laajennettiin länteen päin yksiajoraitaiselle osuudelle, päätettiin tutkia vaikutuksia myös tällä tietyypillä.

Tutkimus on tehty Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen (VTT) yhdyskuntatekniikan tutkimusyksikössä. Kaakkois-Suomen tiepiiri ja Tielaitoksen Tiestötiedotyksikkö vastasivat tutkimusaineistojen keruusta ja tallentamisesta.

Tutkimuksen tekemisestä vastasivat psyk.lis. Pirkko Rämä ja dipl.ins. Juha Raitio. Dipl.ins. Virpi Harjula osallistui luvun 4.6 (kuljettajahaastattelut) ja dipl.ins. Anna Schirokoff lukujen 4.1 (merkkien käyttö) ja 4.5 (järjestelmän toiminnan luotettavuus) kirjoittamiseen. Tekn.yo Pekka Kulmala, insinööriharjoittelija Janne Kulmala, dos. Juha Luoma, tekn. tri Risto Kulmala ja atk-sihtööri Arja Wuolijoki osallistuivat työn tekemiseen. Tielaitoksen yhteyshenkilö fil.maist. Yrjö Pilli-Sihvola oli tutkimusta ohjaavan seurantaryhmän puheenjohtaja. Seurantaryhmään kuuluivat myös yli-ins. Olli Hintikka liikenneministeriöstä, dipl.ins. Eini Hirvenoja, dipl.ins. Esko Hyytiäinen, dipl.ins. Mikko Karhunen ja dipl.ins. Mirja Noukka Tielaitoksesta, sekä dipl.ins. Petteri Portaankorva ja rak.mestari Jukka Tamminen Kaakkois-Suomen tiepiiristä.

Tutkimus on kuljettajahaastattelua lukuun ottamatta VIKING-ohjelmaa ja sen tekemiseen on saatu Euroopan unionin liikenteen perusrakenteen kehittämiseen tarkoitettua TEN-T (Trans-European Networks – Transport) -rahoitusta. Kuljettajahaastattelut tehtiin osana EU:n 4. puiteohjelman TROPIC-hanketta.

---

## Sisältö

---

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	5
ALKUSANAT	9
1 JOHDANTO	15
2 TAVOITE	17
3 MENETELMÄ	18
3.1 Paikka, tutkittavat nopeusrajoitukset ja ohjausperiaate	18
3.2 Tutkittavat merkit	20
3.3 Tutkimusasetelma ja aikataulu	21
3.4 Tiedonkeruu	22
3.4.1 Liikennetiedot	22
3.4.2 Tiesäättiedot	22
3.4.3 Liikennemerkkitiedot	22
3.4.4 Käsisäämittaukset	22
3.4.5 Kuljettajahaastattelu	23
3.5 Vaikutusten arviointi	23
3.5.1 Nopeuksien ja aikavälien jakaumat ja tunnusluvut	23
3.5.2 Nopeuksien ja aikavälien tilastolliset mallit	23
4 TULOKSET	26
4.1 Merkkien käyttö	26
4.2 Nopeusrajoitusten ja liukas ajorata -varoituserkin vaikutukset ajonopeuksiin talvikausilla	30
4.2.1 Muutokset vapaiden henkilöautojen ajonopeuden jakaumissa	30
4.2.2 Viestien vaikutus vapaiden henkilöautojen keskinopeuteen	36
4.2.3 Muutokset koko liikenteen ajonopeuden jakaumissa	37
4.2.4 Viestien vaikutus koko liikenteen keskinopeuteen	39
4.3 Nopeusrajoituksen vaikutus ajonopeuksiin kesäkaudella	40
4.3.1 Muutokset vapaiden henkilöautojen ajonopeuden jakaumissa	40
4.3.2 Viestien vaikutus vapaiden henkilöautojen keskinopeuteen	46

4.3.3	Muutokset koko liikenteen ajonopeuden jakaumissa	47
4.3.4	Viestien vaikutus koko liikenteen keskinopeuteen	48
4.4	Nopeusrajoituksen ja liukas ajorata -varoituserkin vaikutus aikaväleihin talvella	49
4.4.1	Aikavälien jakautuminen	49
4.4.2	Vaikutusten arviointi tilastollisen mallin avulla	52
4.5	Järjestelmän toiminnan luotettavuus	54
4.5.1	Tiesääasemien tieto ja käsisäämittaukset	54
4.5.2	Merkkiloki ja käsisäättieto	55
4.6	Kuljettajien käsitykset	57
4.6.1	Kuljettajat	57
4.6.2	Muuttuvan opasteen tekstiviestin muistaminen	58
4.6.3	Muuttuvan opasteen oletetut vaikutukset	58
4.6.4	Kuljettajien ilmoittamat opasteen mahdolliset vaikutukset kuljettajakäyttämiseen	59
4.6.5	Järjestelmän toiminnan ymmärrettävyys	60
4.6.6	Kuljettajien mielipiteet järjestelmän tarpeellisuudesta ja luotettavuudesta	61
5	TARKASTELU	63
5.1	Ajonopeudet	63
5.2	Aikavälit	64
5.3	Järjestelmän toiminta	64
5.4	Kuljettajien käsitykset	65
5.5	Tutkimusasetelman arviointia	66
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	67
	LÄHTEET	68

## LIITTEET

---

1. Mittauspaikat
2. Käsien tehtävä keliseuranta
3. Kuljettajahaastattelun lomake
4. Tilastollisissa malleissa käytettyjen muuttujien tasot
5. Logit-mallin sovit aikaväliaineistoon
6. Kelihavaintojen vastaavuus
7. Kitkamittausten ja kelihavaintojen vastaavuus
8. Sadehavaintojen luotettavuus
9. Havainnot sateen olomuodosta ja samanaikainen tiesääaseman 3007 ilmoittama tieto



## 1 JOHDANTO

Sääohjattu tie sijaitsee valtatie 7 osuudella Pyhtää–Hamina. Kyseessä on tieosuus, jolla nopeusrajoitukset ohjataan sää- ja keliolojen perusteella. Lisäksi järjestelmään kuuluu muita muuttuvia opasteita, joista osaa ohjataan sää- ja keli-tiedon perusteella. Sääohjatun tien moottoritieosuus avattiin 3.11.1994. Järjestelmän vaikutuksista kuljettajan käyttäytymiseen sekä myös järjestelmän kannattavuudesta tehtiin tutkimukset.

Vuoden 1997 lopulla otettiin käyttöön sääohjattu osuus moottoritieosuudesta länteen päin moottoriliikennetielle ja sekaliikennetielle. Koko sääohjatun tien pituus on nykyisellään 25 km, sillä on 66 kuituoptista muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä ja 13 muuttuvaa opastetta, joista yksiajorataisella osuudella on 32 nopeusrajoitusmerkkiä ja 8 opastetta (Kauste 1998). Sääohjatulla tiellä on viisi tiesääasemaa, joiden keräämiin tietoihin järjestelmän ohjaus perustuu. Tiesääasemista kaksi on yksiajorataisella osuudella. Ohjaus on suurimman osan aikaa automaattista mutta tarvittaessa merkkejä ohjataan myös käsin.

Moottoritieosuuden tutkimus osoitti, että nopeusrajoituksen alentaminen huonolla kelillä moottoritien talvirajoituksesta 100 km/h 80 km/h:iin alensi jonon ulkopuolella ajavien henkilöautojen keskinopeutta 3,4 km/h. Koko liikenteen vastaava alenema oli 2,5 km/h. Huonon kelin vaikutus oli keskimäärin 6 km/h. Kun kelin arvioitiin olevan kuljettajan kannalta vaikeasti havaittavissa huonoksi (ei sadetta), nopeutta alentava vaikutus oli noin 2 km/h suurempi kuin keskimäärin. Kelin vaikutus oli tällöin vastaavasti pienempi. Kesällä alennettua nopeusrajoitusta 100 km/h tai 80 km/h käytettiin lähinnä vesiliirtovaaran takia. Vastaavat keskinopeuksien alenemat olivat 5 km/h ja 8 km/h. Nopeusrajoituksen alentaminen huonoissa sää- ja kelioloissa (sekä talvella että kesällä) pienensi myös nopeuksien hajontaa verrattuna tieosaan, jolla oli kiinteät nopeusrajoitukset. (Rämä 1997.)

Yksiajorataisella tieosuudella on aikaisemmin tutkittu mm. muuttuvan liukkaan ajoradan merkin vaikutusta nopeuksiin. Liukkaan ajoradan viesti alensi keskinopeutta 1–2 km/h, mutta vaikutusta ei todettu kaikissa mittauspisteissä (Rämä, Kulmala, Heinonen 1996). Nopeuksien hajontaan muuttuva liukkaan ajoradan merkki ei vaikuttanut. Verrattaessa kuituoptisella ja sähkömekaanisella merkillä esitettyä muuttuvaa nopeusrajoitusta liittymässä todettiin, että kuituoptinen merkki alensi keskinopeutta enemmän ja merkki myös muistettiin paremmin kuin sähkömekaaninen merkki (Luoma 1996). Jatkotutkimus osoitti eron pysyvän, mutta olevan osittain uutuusvaikutusta (Luoma, Rämä, Harjula 1999).

Kiinteiden talvinopeusrajoitusten rinnalla ja niitä täydentämään on Suomessa kehitetty muuttuvaa sää- ja keli-tietoon perustuvaa nopeusrajoitusjärjestelmää. Tämä tutkimus päätettiin toteuttaa, jotta saataisiin tietoa muuttuvan nopeusrajoitusjärjestelmän vaikutuksista kuljettajan käyttäytymiseen, lähinnä ajonopeuksiin. Tutkimus tuottaa myös tietoa, jota voidaan käyttää alustavaan arvioon jär-

jestelmän turvallisuusvaikutuksia. Tässä tutkimuksessa tietoa kuljettajien käyttäytymisestä kerättiin yhdestä sekaliikennetien ja yhdestä moottoriliikennetien mittauspisteestä. Vastaavan tyyppinen sekaliikennetien tutkimus on tekeillä valtatie 1 sääohjatusta järjestelmästä, jota toistaiseksi ohjataan käsin. Tutkimuksessa tuotetaan myös tietoa järjestelmän toimintavarmuudesta, mitä voidaan hyödyntää järjestelmän ohjauksen kehittämisessä.

## 2 TAVOITE

Tutkimuksen päätavoitteena oli arvioida muuttuvan nopeusrajoitus- ja opastejärjestelmän vaikutuksia kuljettajan käyttäytymiseen yksiajorataisella sekaliikenne- ja moottoriliikennetiellä. Yksityiskohtaiset tutkimusongelmat olivat:

1. Miten muuttuvat nopeusrajoitukset ja liukkaan ajoradan merkki vaikuttavat ajonopeuden tunnuslukuihin: keskinopeus, keskihajonta, nopeusjakautuman 85 % -pisteen nopeus (v85 eli se nopeustaso, jota hitaammin ajaa 85 % autoista) ja 15 % -pisteen nopeus (v15 eli se nopeustaso, jota hitaammin ajaa 15 % autoista)?
2. Miten muuttuvat nopeusrajoitukset ja liukkaan ajoradan merkki vaikuttavat jonossa ajavien ajoetäisyyksiin?
3. Mitkä ovat kuljettajien käsitykset muuttuvasta sääohjatusta järjestelmästä, miten muuttuvien merkkien viestit muistetaan ja ymmärretään, pidetäänkö järjestelmää tarpeellisena?
4. Kuinka toimintavarma järjestelmä on käsisäämittausten valossa sekä miten tiesääasematieto ja käsisäämittaukset vastaavat toisiaan? Käsisäämittauksilla tarkoitetaan tässä mittaajan tekemiä havaintoja säästä ja tien pinnan tilasta sekä kitkamittauksia.

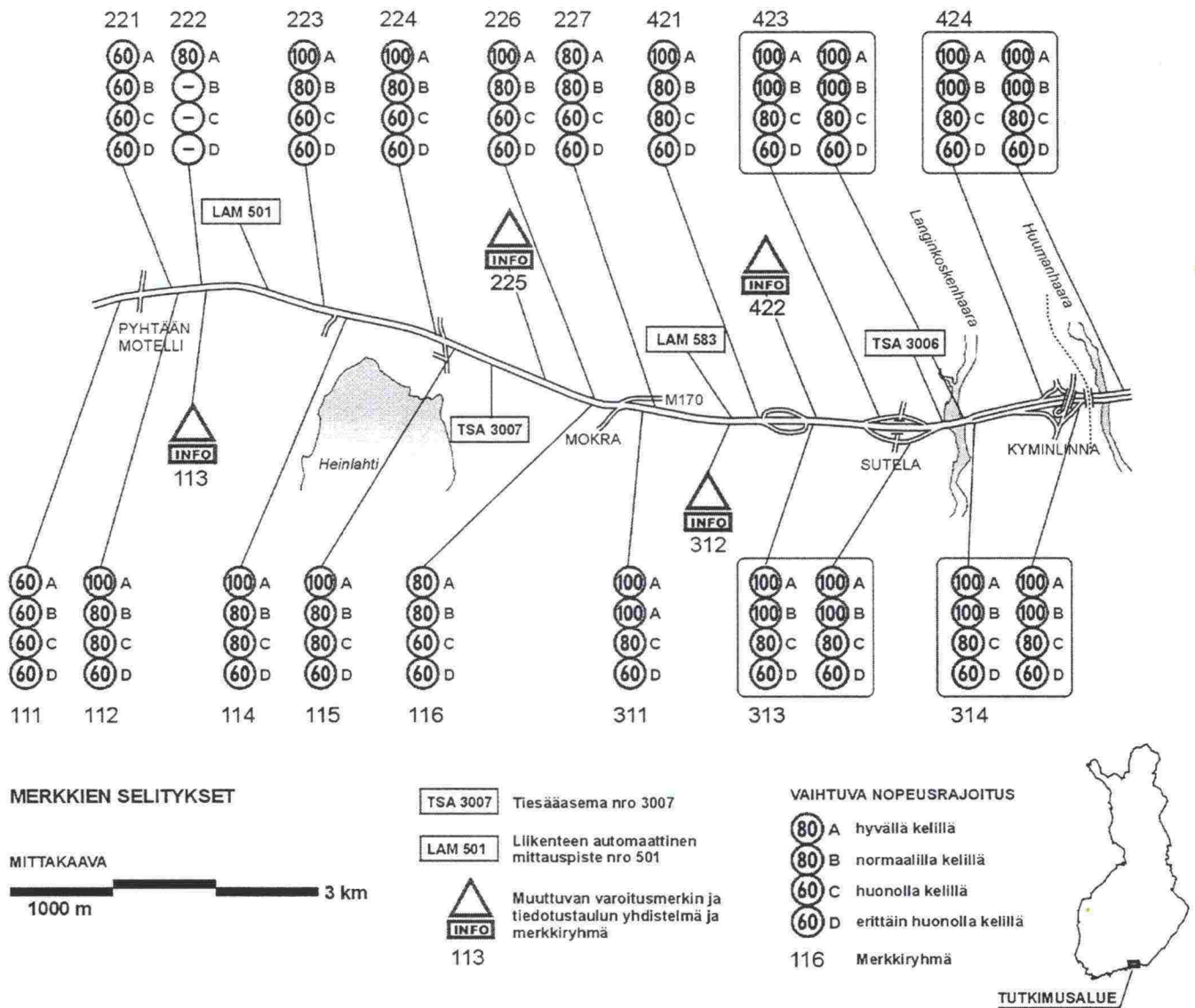
Lisäksi kuvataan, kuinka paljon eri nopeusrajoituksia ja muuttuvia viestejä käytettiin ja kuinka suuren osan ajasta automaattinen ohjaus oli käytössä.

### 3 MENETELMÄ

#### 3.1 Paikka, tutkittavat nopeusrajoitukset ja ohjausperiaate

Tutkimuspaikkana oli valtatie nro 7 sääohjattu tieosa Pyhtään Siltakylän ja Kotkan Otsolan välillä. Tutkimuksen kohteena oleva jakso jatkuu länteen päin yksiajorataisena sekaliikennetienä, jossa ei ole muuttuvia liikennemerkkejä, ja itään päin sääohjattuna muuttuvilla merkeillä varustettuna moottoritieosuutena (kuva 1). Jaksolla on 30 muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä ja 8 muuttuvaa opastetta. Muuttuvia nopeusrajoituksia ja osin opasteita ohjataan automaattisesti tiesääasemien keräämän tiedon perusteella. Tiesääasemia on sääohjatulla tiellä viisi, joista kaksi on yksiajorataisella osuudella. Tiesääasemat keräävät tietoa tuulen nopeudesta ja suunnasta, ilman, tienpinnan ja tienrungon lämpötilasta, ilman kosteudesta, sateen intensiteetistä, tienpinnan tilasta sekä näkyvyydestä ja sateen olomuodosta. Tiesäätidon perusteella sää- ja kelitila luokitellaan neljään luokkaan: hyvä, kohtalainen, huono ja erittäin huono. Käytettävät nopeusrajoitukset ja osa muuttuvien opasteiden viesteistä perustuvat tähän jaotteluun (Kauste 1998).





Kuva 1. Sääohjatun tien laajennusjakso, muuttuvat nopeusrajoitukset lännestä itään.

Tutkimuksen aikana moottoriliikennetien keskivuorokausiliikenne oli noin 9 500 ajon./vrk ja sekaliikennetien noin 8 500 ajon./vrk. Ennen järjestelmän rakentamista nopeusrajoitus oli ympäri vuoden moottoriliikennetiellä 100 km/h ja sekaliikennetiellä 80 km/h. Muuttuvien liikennemerkkien asentamisen jälkeen nopeusrajoitukset olivat keliluokasta riippuvat 60 km/h, 80 km/h ja 100 km/h (taulukko 1).



Taulukko 1. Ohjauspolitiikan mukaiset nopeusrajoitukset tutkimuspisteissä.

Keliluokka	Sekaliikennetien LAM	Moottoriliikennetien LAM
Hyvä keli (A)	100 km/h	100 km/h
Normaali keli (B)	80 km/h	100 km/h
Huono keli (C)	80 km/h	80 km/h
Erittäin huono keli (D)	60 km/h	60 km/h

Nopeusrajoituksen ohjauksen perustana olevat keliluokat määritellään järjestelmässä seuraavasti (Portaankorva 1997):

Hyvällä kelillä (A) kaikki seuraavat ehdot täyttyvät:

- tieanturin ilmoittama keli on kuiva tai kostea,
- tiesääasema ei ilmoita kohtalaista tai runsasta sadetta,
- tiesääasema ei ilmoita varoituksia,
- tien rungon lämpötila ei ole yli yhtä astetta kylmempi kuin tien pinta, kun lämpötilat ovat alle 0 °C,
- näkyvyysanturin ilmoittama näkyvyys on yli 300 metriä sekä
- tuulianturin ilmoittama tuulen keskinopeus on alle 12 m/s.

Huonolla kelillä (C) jokin seuraavista ehdoista täyttyy:

- tieanturi ilmoittaa "lumi tai jää" sekä tienpinnan lämpötila on alle +2 °C tai
- tieanturi ilmoittaa "tienpinta on märkä" sekä sadeanturi ilmoittaa runsasta sadetta tai
- tieanturi ilmoittaa "tienpinta on märkä ja suolainen" sekä sadeanturi ilmoittaa runsasta sadetta tai
- näkyvyysanturin ilmoittama näkyvyys on alle 200 metriä tai
- tuulianturin ilmoittama tuulen keskinopeus  $\geq 17$  m/s.

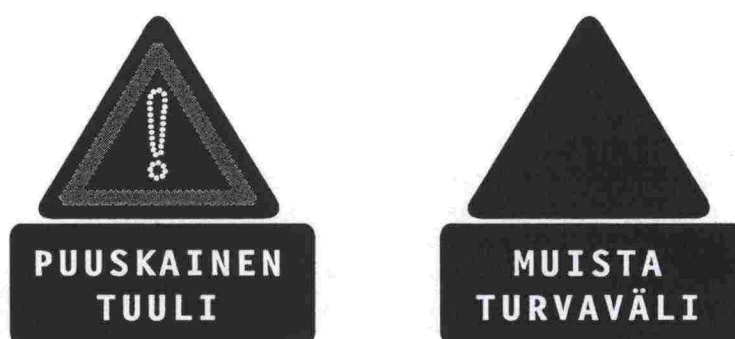
Erittäin huonolla kelillä (D) näkyvyysanturi ilmoittaa näkyvyyden olevan alle 100 metriä. Alinta 60 km/h -nopeusrajoitusta käytettiin ohjauspolitiikan mukaisesti vain tällöin.

Muut tilanteet kuuluvat keliluokkaan normaali (B).

### 3.2 Tutkittavat merkit

Sekä nopeusrajoitusmerkit että muuttuvat varoitusmerkit olivat tieosuudella kuituoptisia. Merkeissä on mustalla pohjalla valkeat numerot tai kuva ja ympärillä punainen ympyrä tai kolmio (kuva 2). Varoitusmerkki oli suurikokoinen, ja sen sivun pituus oli 1350 mm. Tekstiosan kirjainten korkeus oli 225 mm. Käytetyt varoitusmerkit olivat liukas ajorata, muu vaara ja tietyö. Muuttuvissa opasteissa on aina näkyvissä jokin viesti. Jos muuta viestittävää ei ole, opasteen alapuoliossa tekstiosassa näytetään ilman ja tien lämpötilat. Tekstiviestin kirjaimet olivat keltaisia ja ne oli toteutettu LED-tekniikalla. Kuituoptisen nopeusrajoitusmerkin halkaisija oli moottoriliikennetiellä 900 mm ja sekaliikennetiellä 640 mm.

Tutkimuskohteena liikennekäyttäytymisen osalta olivat liukas ajorata-varoituserkki sekä tilanne, jossa ei ollut erityistä viestittävää. Haastatteluissa tutkittiin tuulesta varoittavaa viestiä ja turvavälimuistutusta (kuvassa 2).



Kuva 2. Esimerkkejä tutkimuksessa kohteena olleista muuttuvista opasteista kaavakuvana.

### 3.3 Tutkimusasetelma ja aikataulu

Liikennekäyttäytymismittausten tutkimusasetelma oli ennen-jälkeen koe-vertailu-asetelma. Tiedonkeruun vaiheet ja aikataulu olivat seuraavat:

- ennen-jakso, 1.3.1997–30.11.1997,
- jälkeen-jakso, 4.12.1997–28.10.1998 ja
- jälkeen-jakso, 30.10.1998–31.3.1999.

Koetien sekaliikennetieosuudella (LAM 501) nopeusrajoitus oli ennen muuttuvien merkkien asentamista 80 km/h sekä talvella että kesällä, moottoriliikennetiellä (LAM 583) rajoitus oli 100 km/h. Vertailupiste (LAM 577) sijaitsi samalla tiellä lännempänä. Vertailupisteen nopeusrajoitus oli 100 km/h kesäisin sekä ennen- että jälkeen-jaksolla (taulukko 2).

Taulukko 2. Mittauspisteiden nopeusrajoitukset (km/h).

Mittauspiste	Talvi		Kesä	
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
LAM 501 koe	80	60/80/100	80	60/80/100
LAM 583 koe	100	60/80/100	100	60/80/100
LAM 577 vert	80	80	100	100

Liikennetietoihin liitettiin merkkiloki ja tiesääasemien tietoja.

Käsissämittauksiin liitettiin tiesääasemien tietoja ja merkkiloki. Käsissämittauksia tehtiin 28.1.1997–4.4.1997, 1.11.1997–30.3.1998 ja 6.11.1998–23.3.1999.

Tienvarsihaastattelut tehtiin helmikuussa 1998, jolloin tieosan muuttuvat opasteet olivat olleet käytössä noin 2 kuukautta.

### 3.4 Tiedonkeruu

#### 3.4.1 Liikennetiedot

Liikenneaineisto kerättiin kolmesta mittauspisteestä tiehen asennetuilla silmuk-kailmaisimilla. Kaksi mittauspistettä olivat Tielaitoksen kiinteitä mittausasemia. Yhdestä mittauspisteestä tieto otettiin talteen siirrettävällä laitteella noin viikon välein. Tutkimusaineistot muodostettiin ajoneuvoکوhtaisista havainnoista. Koe-tien mittauspisteiden etäisyys tutkituista merkeistä on esitetty *liitteessä 1*.

#### 3.4.2 Tiesääätiedot

Tutkimusta varten kerättiin tiesääasemilta käytettävissä olevat tiedot kaikilta ajanjaksoilta, jolloin tehtiin muuta tutkimukseen kuuluvaa tiedonkeruuta. Käytetyt tiesääasemat olivat numeroltaan 5010, 3006 ja 3007. Tiesääasematiedon tu-lostus- ja talletusväli vaihteli noin 5 minuutista tuntiin.

Koska koetieosuuden tiesääasemat 3006 ja 3007 eivät tallentaneet tietoa koko tutkimuksen ajan, nopeus- ja aikavälianalyysissä käytettiin tiesääasemasta 5010 tuotettua keliluokitusta. Kyseisellä asemalla ei ole näkyvyysanturia, ja tä-män vuoksi erittäin huonon keliluokan tilanteet ja 60 km/h nopeusrajoituksen käyttö (tätä aineistoa oli vähän) rajattiin pois analyysistä.

#### 3.4.3 Liikennemerkkitiedot

Muuttuvien liikennemerkkien loki tallennettiin Kouvolan liikennekeskuksessa. Merkkilokissa on kunkin muuttuvan liikennemerkkin tiedot käytetyistä nopeusra-joituksista tai muuttuvista varoitusmerkeistä sekä esitetyistä tekstiviesteistä. Li-säksi lokissa on tieto siitä, oliko nopeusrajoitus tai viesti asennettu automaatti-vai käsiohjauksella. Merkkilokitiedostoon tallennettiin uusi rivi aina, kun jonkin merkin tila muuttui.

#### 3.4.4 Käsisäämittaukset

Kotkan tiemestaripiirin henkilöstö keräsi käsisääätiedot etukäteen sovitulla tavalla 10 mittauspisteessä (*liite 2*). Tiedon kerääjä havainnoi kelin ajourissa, sateen intensiteetin ja olomuodon, näkyvyyden sekä kelin ajourien ulkopuolella sekä mittasi myös kitkan henkilöauton digitrip-mittarilla. Kitkamittaukset pyrittiin teke-mään mahdollisimman samanlaisella lukkojarrutuskokeella. Käsimittauksen te-kijät merkitsivät lomakkeelle oman arvionsa kuhunkin tilanteeseen sopivasta nopeusrajoituksesta.

Käsisäämittauksia tehtiin ohjeen mukaisesti niin, että mittauksia tehtiin noin ker-ran viikossa mutta huonon sään ja kelin aikana tiheämminkin.

Käsisääätiedot yhdistettiin lähimpään tiesääätietoon siten, että aikaväli oli enintään yksi tunti.



### 3.4.5 Kuljettajahaastattelu

Haastattelututkimus tehtiin kaksikaistaisella sekaliikennetieosuudella. Tutkittu suunta oli idästä länteen (Kotkasta Helsinkiin) Mokran suoran kohdalla (tieosa 27). Merkkejä edeltävä tieosuus oli loivasti kaartuva ja nouseva. Merkkien jälkeen tie oli suora ja laskeva linja-autopysäkillä asti, jossa kuljettajia haastateltiin. Haastattelupaikka sijaitsi noin kilometrin päässä tutkituista merkeistä.

Haastattelujen aikana esitettiin kaksi erilaista muuttuvaa opastetta: 1) varoitusmerkki "muu vaara" ja tekstiviesti "puuskainen tuuli" ja 2) tekstiviesti "muista turvaväli" ilman varoitusmerkkiä (kuituoptynen merkki musta). Käytetyt opasteet on esitetty *kuvassa 2*. Muuttuva nopeusrajoitusmerkki näytti 80 km/h -nopeusrajoitusta haastattelujen aikana.

Haastattelutulosten tilastollisen merkitsevyyden testaamisessa käytettiin  $\chi^2$ -testiä. Haastattelulomake on liitteenä 3.

## 3.5 Vaikutusten arviointi

### 3.5.1 Nopeuksien ja aikavälien jakaumat ja tunnusluvut

Muuttuvien opasteiden vaikutusta liikennevirtaan selvitettiin tarkastelemalla liikenteen nopeus- ja aikavälijakaumia erilaisia viestejä näytettäessä. Jakaumia tarkasteltiin tilastollisten tunnuslukujen ja histogrammien avulla. Tarkasteltuja tunnuslukuja olivat nopeuden osalta

- keskiarvo,
- hajonta ja
- prosenttipisteet 15 (v15) ja 85 (v85)

sekä aikavälien osalta

- jakauman keskimäinen
- prosenttipisteet 25 ja 75.

### 3.5.2 Nopeuksien ja aikavälien tilastolliset mallit

Tilastollisia malleja käyttämällä arvioitiin eri viestien vaikutus keskinopeuteen ja lyhyellä (alle sekunnin) aikavälillä ajavien osuuteen jonossa ajavista. Tarkastellut aikavälit olivat nk. nettoaikavälejä. Jonossa ajamisen kriteeri oli, että etäisyys edellä ajavaan oli 5 sekuntia tai sitä vähemmän. Vastaavasti jonon ulkopuolella ajamisen kriteerinä oli että etäisyys edellä ajavaan oli yli 5 sekuntia.

Mittauspisteen ohittavan yksittäisen ajoneuvon nopeus  $V$  ja todennäköisyys  $P$  lyhyeen aikaväliin oletettiin käytetyssä mallissa määräytyvän

- vertailutilanteen arvosta  $M$  ja siitä poikkeavista
- ajoneuvosta  $A$ ,
- liikennetilanteesta  $L$ ,
- sää- ja keliolosuhteista  $K$ ,

- opasteilla annetusta viestistä  $O$ ,
- viestin ja sää- ja keliolosuhteiden yhdysvaikutuksesta  $K.O$  sekä
- satunnaisesta vaihtelusta  $E$ , jota malli ei selitä.

Malli ajoneuvon nopeudelle LAM-pisteessä on muotoa

$$V = M + A + L + K + O + K.O + E,$$

missä  $M$  on liikenteen keskinopeus vertailutilanteessa.

Malli jonossa alle sekunnin ja sitä pidemmällä aikavälillä ajavien todennäköisyyksien suhteelle on muotoa

$$P / (1-P) = M' A' L' K' O' K.O' E',$$

missä  $M'$  on alle sekunnin ja sitä pidemmällä aikaväleillä ajavien lukumäärän suhde vertailutilanteessa.

Mittaukseen liittyvä ajoneuvo  $A$  otetaan huomioon mallissa ajoneuvoluokan ilmoittavalla muuttujalla  $ajonluok_i$ . Liikennetilanteet  $L$  jaetaan mittauspisteen  $lam-piste_j$  -jakson  $jakso_k$ , viikonpäivän  $päivä_l$  ja luokitellun edeltävältä puoleltatunilta lasketun tuntiliikenneliikennemäärän  $tuntiliik_m$  perusteella. Sää- ja keliolosuhteita kuvataan tiesäätiedoista tuotetuilla luokituksilla  $keli_r$  (kohta 3.1). Muuttujien tasot  $i, j, k, l, m, r$  on esitetty liitteessä 3. Vertailutilanteena, jonka suhteen tekijöiden vaikutukset lasketaan on kunkin muuttujan viimeinen taso.

Mallin avulla halutaan erityisesti arvioida kuljettajalle muuttuvilla opasteilla annettujen viestien  $viesti_s$  (liite 4) vaikutusta. Koska sää- ja keliolosuhteiden oletetaan muuttavan viestin vaikutusta, on sen vaikutus arvioitava erikseen jokaisessa sää- ja keliolosuhteiden luokassa  $keli_r$ . Tämän vuoksi malleissa käytetään viestin ja olosuhteiden yhdysvaikutusta kuvaavaa muuttujaa  $viestixkeli_{s,r}$ . Ajoneuvon ominaisuuksien, liikennetilanteiden ja keliluokkien eri tasot muodostavat mallissa lohkoja. Lohkoihin jaolla pyritään hallitsemaan kyseisten tekijöiden eri viesteille mahdollisesti erilaisen jakautumisen aiheuttama virhe viestien vaikutusarvioihin.

Malleja vertaillaan havaintoaineistoon yleisten lineaaristen mallien menetelmiä käyttäen. Sovittamalla nopeuden malli

$$v = m + ajonluok_i + piste_j + vuosi_k + päivä_l + liikmäär_m + keli_r + \\ + viesti_s + viestixkeli_{s,r} + e_{i,j,k,l,m,r,s,t}$$

aineistoon saadaan arvio mallissa esiintyvien tekijöiden vaikutuksen suuruudesta ajonopeuteen. Havainnon  $t$  nopeuden poikkeama  $e_{i,j,k,l,m,r,s,t}$  mallin antamasta arviosta oletetaan normaalijakautuneeksi ja sen varianssin  $\sigma_e^2$  oletetaan säilyvän vakiona tarkasteltavasta tilanteensa riippumatta.



Vastaavasti tarkastelemalla jonossa ajavien alle sekunnin ja yli sekunnin aikavälien todennäköisyyden suhteen mallia logaritmisella asteikolla saadaan lineaarinen ns. logit-malli.

$$\begin{aligned} \ln[p / (1 - p)] = & \ln(m') + \ln(\text{ajonluok}'_l) + \ln(\text{piste}'_l) + \ln(\text{vuosi}'_k) \\ & + \ln(\text{päivä}'_l) + \ln(\text{liikmäär}'_m) + \ln(\text{keli}'_r) + \ln(\text{viesti}'_s) \\ & + \ln(\text{viestixkeli}'_{s,r}) + e'_{i,j,k,l,m,r,s} \end{aligned}$$

Tässäkin mallissa tarkasteltavan tilanteen  $i,j,k,l,m,r,s$  poikkeama  $e_{i,j,k,l,m,r,s}$  mallin ennustamasta arvosta oletetaan normaalijakautuneeksi ja sen varianssi vakioksi  $\sigma^2_e$ . Vaikutusarviot lasketaan molempien mallien kohdalla SPSS-ohjelmistolla suurimman uskottavuuden menetelmää käyttäen.

## 4 TULOKSET

### 4.1 Merkkien käyttö

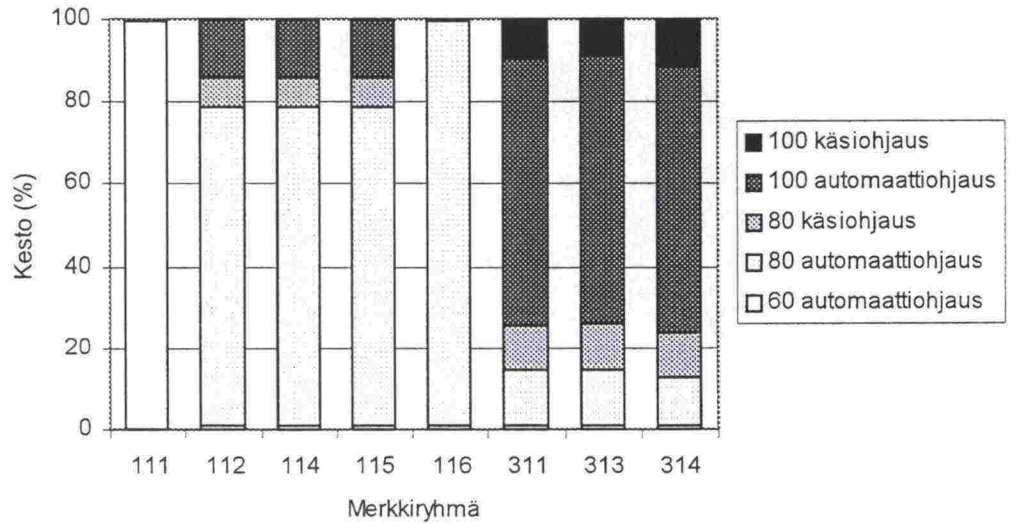
*Kuvissa 3–4* on esitetty merkkiryhmittäin, mitä nopeusrajoituksia tieosuudella oli käytössä lännestä itään tutkimusajanjaksoina. Merkkiryhmät 111–116 ovat sekaliikennetiellä ja merkkiryhmät 311–314 moottoriliikennetiellä. Ohjausperiaatteen mukaan merkissä 111 (Pyhtään motellin liittymä) käytetään ainoastaan nopeusrajoitusta 60 km/h.

Ensimmäisenä talvena (*kuva 3*) sekaliikennetien merkissä 112–115 (Siltakylä–Mokra) käytettiin nopeusrajoitusta 80 km/h noin 86 % ajasta. Nopeusrajoitusarvoista 80 km/h noin 9 % oli asetettu käsin. Nopeusrajoitusarvot 100 km/h olivat lähes aina asetettu automaattisesti. Toisena talvena (*kuva 4*) nopeusrajoitusta 80 km/h käytettiin noin 94 % ajasta. Käsiohjauksen osuus tästä oli noin 4,5 %. Nopeusrajoituksista 100 km/h oli ajallisesti noin 20 % asetettu käsin.

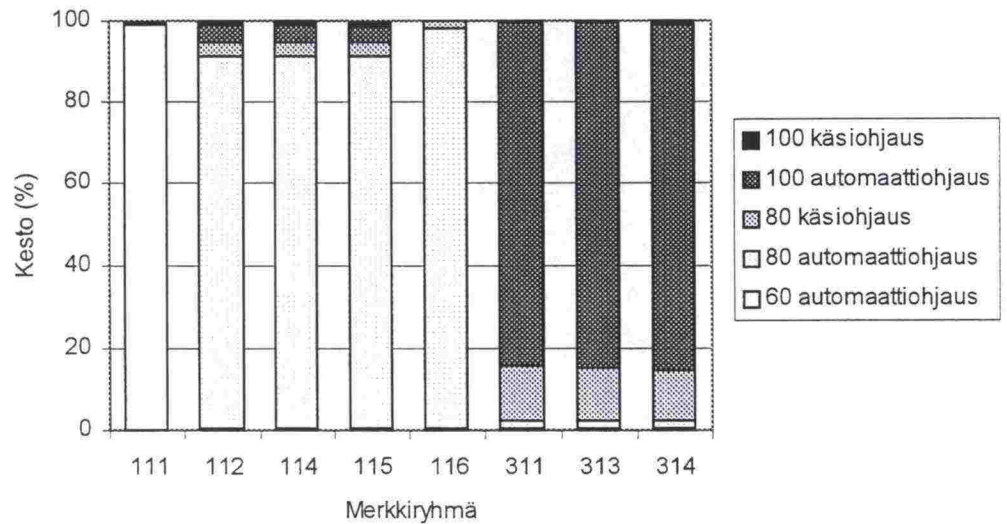
Sekaliikennetien merkissä 116 (Mokran liittymä) rajoitus oli kumpanakin talvena lähes aina 80 km/h, yleensä automaattisesti asetettuna.

Nopeusrajoitusta 60 km/h käytettiin sekaliikennetiellä (merkit 112–116) kumpanakin talvena hyvin harvoin: ensimmäisenä talvena noin 1 % ajasta ja toisena vielä harvemmin.

Moottoriliikennetiellä rajoituksen 80 km/h osuus ajasta oli ensimmäisenä talvena noin 24 % ja toisena noin 15 %. Käsiohjauksen osuudet 80 km/h -rajoituksista olivat vastaavasti noin 47 ja 84 %. Ensimmäisenä talvena käsin asetetun rajoituksen 100 km/h osuus kokonaisajasta oli noin 10 %, toisena talvena osuus oli alle prosentin. Ensimmäisenä talvena rajoituksen 60 km/h osuus oli noin prosentin ja toisena lähes nolla prosenttia.

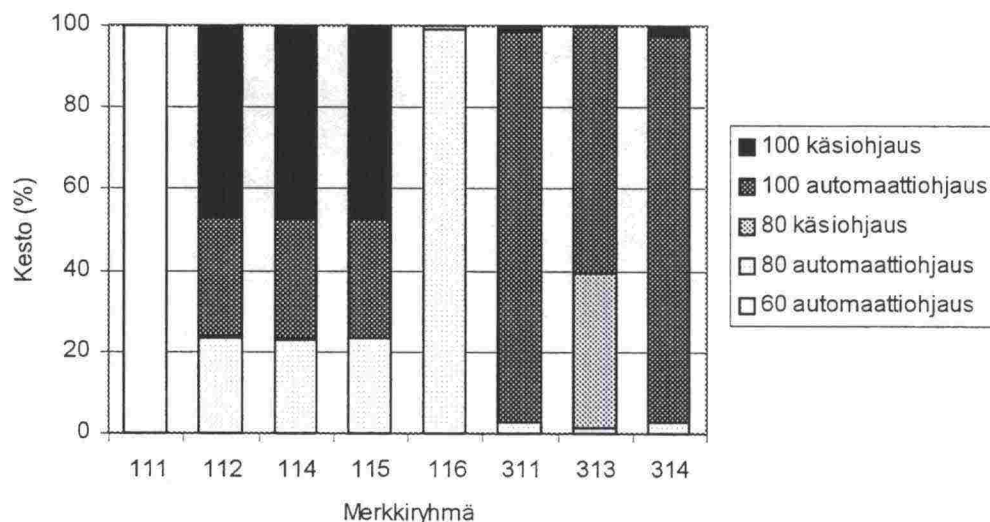


Kuva 3. Käytetyt nopeusrajoitukset ja ohjaustapa 1.12.1997–7.4.1998 lännestä itään.



Kuva 4. Käytetyt nopeusrajoitukset ja ohjaustapa talvikaudella 1998–99 lännestä itään.

Kesällä (kuva 5) sekaliikennetiellä (merkit 112–115) rajoitusta 80 km/h käytettiin automaattiohjauksella noin 23 % ajasta. Lopun ajasta rajoitus oli 100 km/h. 100 km/h -rajoituksista noin 62 % oli asetettu käsin. Moottoriliikennetiellä (merkit 311–314) nopeusrajoitusta 100 km/h käytettiin noin 97 % ajasta merkkiryhmää 313 lukuun ottamatta, jossa rajoituksen 100 km/h osuus oli 61 %. Rajoitusta 60 km/h käytettiin noin 2 % ajasta.



Kuva 5. Käytetyt nopeusrajoitukset ja ohjaustapa kesäkaudella 1998 länneä itään.

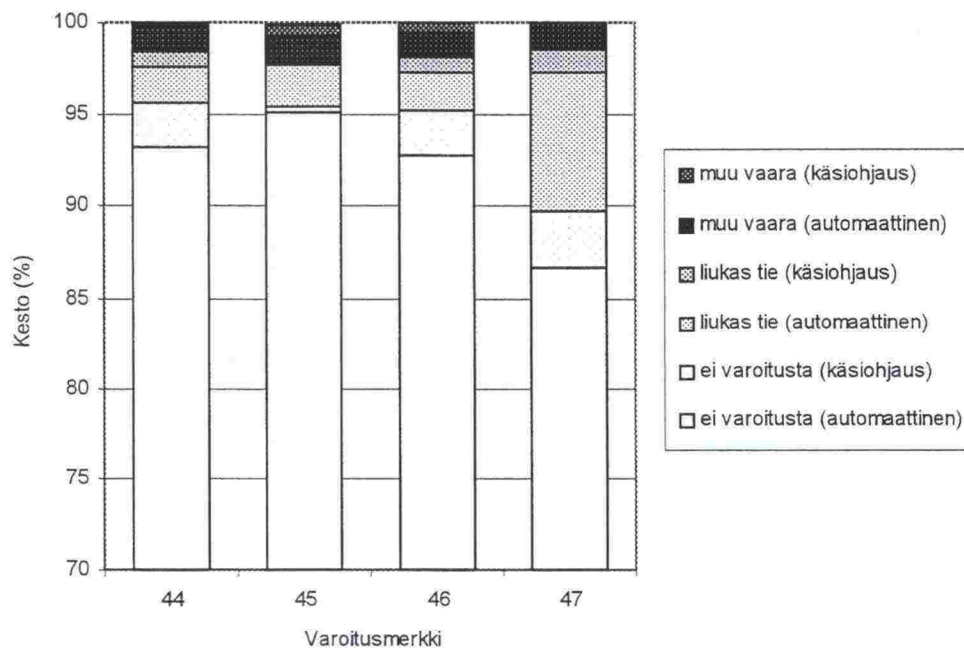
Kuvissa 6–7 on esitetty muuttuvien varoitusmerkkien käyttöä tutkimusalueella. Sekaliikennetiellä olevien merkkien 46 ja 45 varoitukset kohdentuvat noin 3 km:n matkalla samalle tieosuudelle; ensimmäinen varoittaa itään päin ajavia ja jälkimmäinen länteen päin ajavia. Merkit 47 ja 44 ovat moottoriliikennetiellä melko lähellä. Niiden yhteinen varoitusalue on noin 1 km pituinen. Merkillä 47 varoitetaan itään suuntautuvaa liikennettä ja merkillä 44 länteen suuntautuvaa. Merkkien sijainti käy ilmi kuvasta 1.

Sekaliikennetiellä ensimmäisenä talvena (kuva 6) liukas ajorata -varoitusmerkki oli automaattisesti päällä noin 2 % ajasta ja lisäksi itään käsiohjauksella 1 % ajasta. Muu vaara -varoitusmerkki erilaisilla lisäkilvillä varustettuna oli päällä noin 2 % ajasta. Toisena talvena (kuva 7) liukkaasta tiestä varoitettiin automaattisesti noin 9 % ajasta. Muusta vaarasta varoitettiin 2 % ajasta. Länneä suuntautuvaa liikennettä varoitettiin lisäksi tietöistä 2 % talvikaudesta.

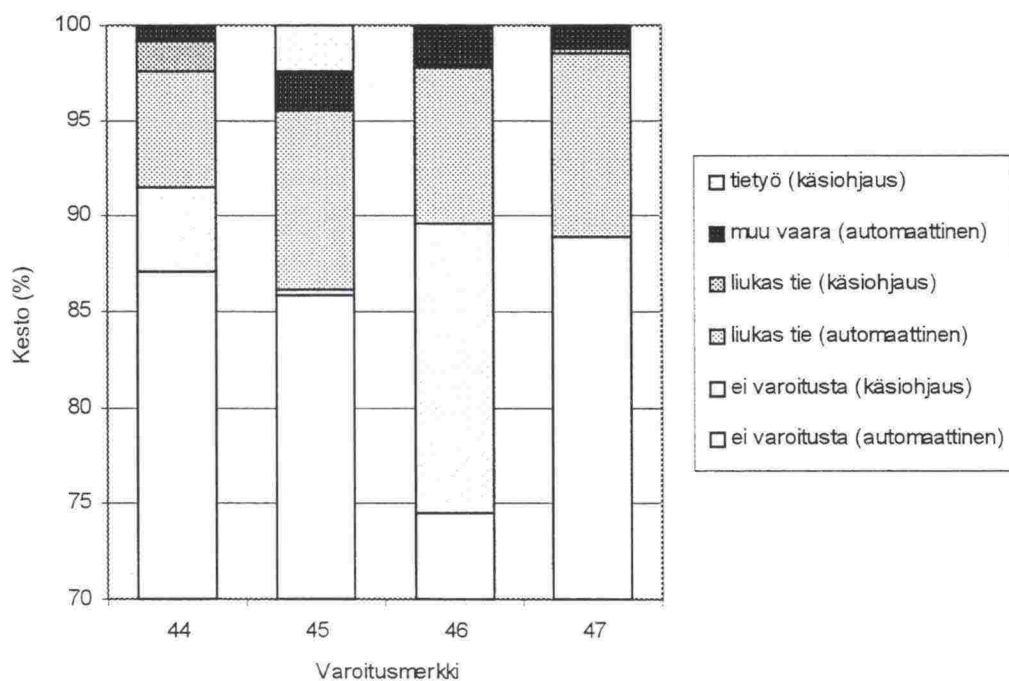
Moottoriliikennetiellä itään (merkki 47) käytettiin ensimmäisenä talvena liukas ajorata -varoitusmerkkiä 9 % ajasta. Näistä varoituksista 15 % oli asetettu käsin. Toisena talvena liukas ajorata -varoitusmerkkiä käytettiin 6 % ajasta. Näistä varoituksista 7 % oli asetettu käsin. Muu vaara -varoitusmerkki oli käytössä kumpakin talvena noin 1 % ajasta. Toisena talvena varoitettiin lisäksi tietöistä 11 % ajasta.

Moottoriliikennetiellä länteen (merkki 44) käytettiin ensimmäisenä talvena liukas ajorata -varoitusmerkkiä 3 % ajasta. Näistä varoituksista 30 % oli asetettu käsin. Toisena talvena liukas ajorata -varoitusmerkkiä käytettiin 8 % ajasta. Näistä varoituksista 20 % oli asetettu käsin. Muu vaara -varoitusmerkki oli käytössä ensimmäisenä talvena noin 2 % ajasta ja toisena 1 %. Ensimmäisenä talvena näistä varoituksista 10 % annettiin käsiohjauksella.





Kuva 6. Käytetyt varoitukset ja ohjaustapa 1.12.1997–7.4.1998 (merkit 43–45 idästä länteen ja merkit 46 ja 47 lännestä itään).

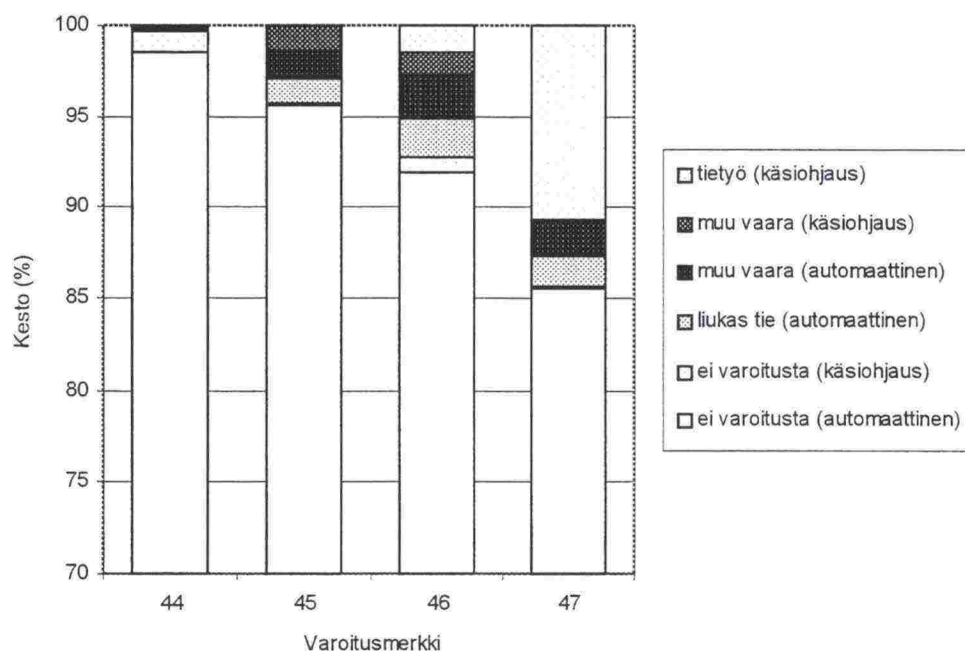


Kuva 7. Käytetyt varoitukset ja ohjaustapa talvikaudella 1998–99 (merkit 43–45 idästä länteen ja merkit 46 ja 47 lännestä itään).

Kesäkaudella 1998 muu vaara -varoitusmerkki oli käytössä sekaliikennetiellä itään 4 % ajasta ja länteen 3 % ajasta. Käsiohjauksen osuudet näistä olivat 45 ja



35 %. Liukkaasta tiestä varoitettiin itään 2 ja länteen 3 % ajasta. Lännen suuntaan varoitettiin lisäksi tietöistä noin 1 % ajasta. Moottoriliikennetiellä itään muu vaara -varoitusta käytettiin 2 % ajasta, kuten myös liukas ajorata -varoitusta. Tietyöstä varoitettiin ajasta 11 %. Moottoriliikennetiellä länteen ei varoituksia annettu juuri lainkaan.



Kuva 8. Käytetyt varoitukset ja ohjaustapa kesäkaudella 1998 (merkit 43–45 idästä länteen ja merkit 46 ja 47 lännestä itään).

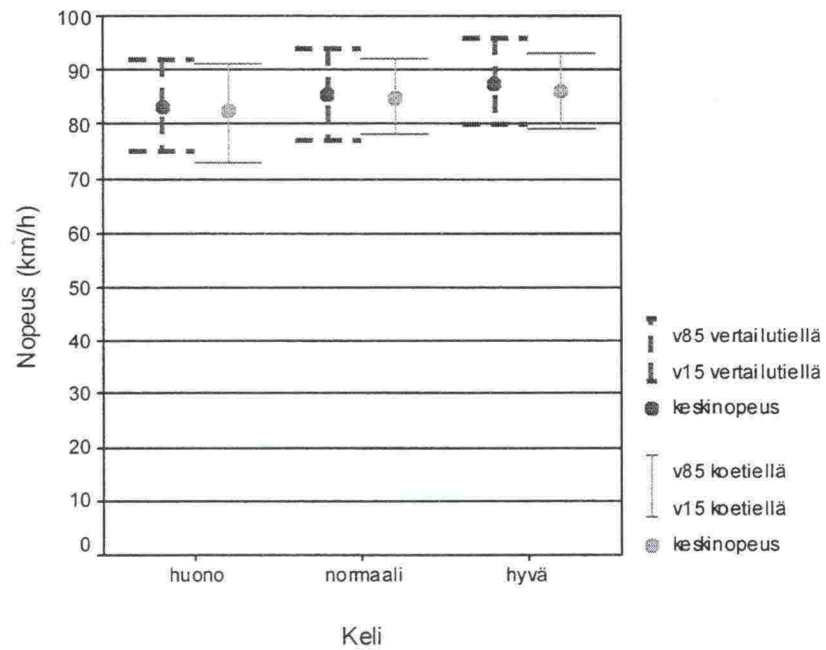
## 4.2 Nopeusrajoitusten ja liukas ajorata -varoituserkin vaikutukset ajonopeuksiin talvikausilla

### 4.2.1 Muutokset vapaiden henkilöautojen ajonopeuden jakaumissa

#### Ajonopeudet ennen järjestelmän rakentamista

Talvikausilla tarkasteltiin sekaliikennetien mittauspistettä 501. Koetiellä ajettiin 1,1 km/h pienemmällä keskinopeudella kuin vertailutiellä (LAM 577) (kuva 9, taulukko 3). Nopeuksien hajonta oli siellä myös 2 km/h pienempi. Erityisesti suuria nopeuksia oli koetiellä vähemmän (vrt. v85).

Sekä koe- että vertailutiellä keliluokkien väliset nopeusjakaumaerot olivat suuremmat kuin koe- ja vertailutien väliset erot (kuva 9). Keliluokkien väliset keskinopeuserot olivat 2 km/h. Huonolla kelillä käytetty nopeusalue oli suurempi kuin normaalilla ja hyvällä kelillä käytetty.



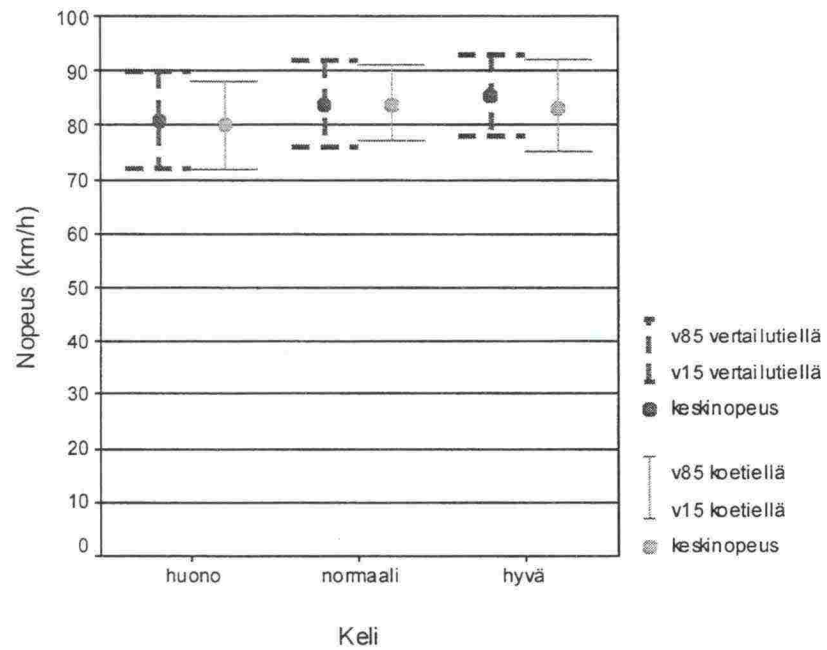
Kuva 9. Vapaiden henkilöautojen keskinopeudet sekä prosenttipisteet v15 ja v85 koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 501 ja LAM 577) keliuokittain talvikaudella ennen järjestelmän käyttöönottoa.

*Taulukko 3. Vapaiden henkilöautojen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä keliluokittain talvikaudella ennen järjestelmän rakentamista.*

Keli	Tunnusluku	Koetie/501	Vertailutie/577
Huono	v85	91,0	92,0
	Keskinopeus	82,3	83,2
	v15	73,0	75,0
	Keskivirhe	0,3	0,4
	Hajonta	9,5	10,2
	N	1223	828
Normaali	v85	92,0	94,0
	Keskinopeus	84,6	85,5
	v15	78,0	77,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	8,3	10,5
	N	14966	10240
Hyvä	v85	93,0	96,0
	Keskinopeus	85,9	87,5
	v15	79,0	80,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	8,2	10,2
	N	10128	6921
Kaikki kelit	v85	92,0	95,0
	Keskinopeus	85,0	86,1
	v15	78,0	78,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	8,4	10,4
	N	26319	17989

### Ajonopeudet järjestelmän käyttöönoton jälkeen

Järjestelmän käyttöönoton jälkeen olivat ajonopeudet pudonneet 1,7 km/h koe- ja 2,4 km/h vertailupisteessä (kuva 10, taulukko 4). Vertailutien ja koetien nopeusero oli nyt 0,4 km/h. Koetiellä eri kelien välinen nopeusero oli muuttanut muotoaan niin, että nopeudet suhteessa jaksojen väliseen pudotukseen olivat kasvaneet normaalilla kelillä ja laskeneet hyvällä jopa niin, että ne olivat hyvällä kelillä alhaisemmat kuin normaalilla kelillä. Hyvällä kelillä koetiellä hajonta oli kuitenkin kasvanut 2 km/h jälkeen-jaksolla. Normaalikeleillä teillä ajettiin samalla nopeudella, nopeuksien hajonta oli kuitenkin vertailutiellä 2 km/h suurempi. Vertailutiellä nopeuden jakautuminen keleille vastasi ennen-tilannetta. Nopeuksien muutos koetien kelien välisessä nopeusjakaumassa on ilmeisesti järjestelmän vaikutusta.



Kuva 10. Vapaiden henkilöautojen keskinopeudet sekä prosenttipisteet v15 ja v85 koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 501 ja LAM 577) keliluokittain talvikausilla järjestelmän rakentamisen jälkeen.



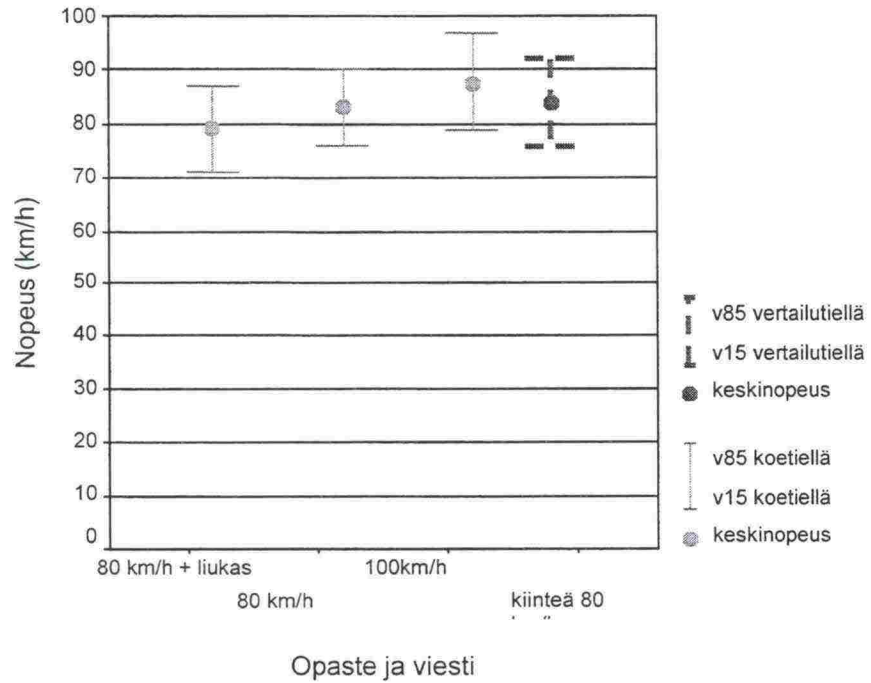
*Taulukko 4. Vapaiden henkilöautojen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä keliluokittain talvikausilla järjestelmän rakentamisen jälkeen.*

Keli	Tunnusluku	Koetie/501	Vertailutie/577
Huono	v85	88,0	90,0
	Keskinopeus	80,1	80,6
	v15	72,0	72,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	8,9	10,8
	N	11743	7488
Normaali	v85	91,0	92,0
	Keskinopeus	83,9	83,8
	v15	77	76
	Keskivirhe	0,0	0,1
	Hajonta	8,2	10,4
	N	64334	41223
Hyvä	v85	92,0	93,0
	Keskinopeus	83,2	85,3
	v15	75,0	78,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	10,1	9,9
	N	16994	11920
Kaikki kelit	v85	91,0	92,0
	Keskinopeus	83,3	83,7
	v15	76,0	76,0
	Keskivirhe	0,0	0,0
	Hajonta	8,8	10,4
	N	93071	60631

Tarkasteltaessa muuttuvien opasteiden käyttöä viestien väliset erot nopeusjakaumissa ovat huomattavat (kuva 11, taulukko 5). Koetiellä, jossa oli muuttuva 80 km/h -rajoitus, ajettiin 0,6 km/h hitaammin kuin vertailutiellä. Ero oli hieman pienempi kuin ennen-tilanteiden kiinteiden nopeusrajoitusten vertailussa. Liukas ajorata -varoituserkin aikana koetiellä ajettiin kuitenkin 4,3 km/h hitaammin kuin vertailutiellä. Muuttuvan 100 km/h -rajoituksen aikana keskinopeus oli 3,5 km/h suurempi kuin vertailutiellä, jossa oli kiinteä 80 km/h -rajoitus. Nopeuserot muuttuvia liikennemerkkejä käytettäessä olivat koetiellä suuremmat kuin kelin vaikutus ennen-tilanteessa.

Koetien muuttuvien liikennemerkkien vaikutuksen suuruutta ei voida päätellä suoritetusta jakaumatarkastelusta. On mahdollista, että osa tarkastelujaksojen ja teiden välisistä eroista on sekoittunut havaittuihin nopeusjakaumamuutoksiin. Lisäksi kelin vaikutus sekoittuu koetien viestin vaikutukseen, koska nopeusrajoitukset ja liukas ajorata -varoituserkin käyttö riippuvat tien ohjausperiaattei-

den mukaisesti kelistä, jolloin osa viestin näennäisestä vaikutuksesta johtuu ke-  
listä.



Kuva 11. Vapaiden henkilöautojen keskinopeudet sekä prosenttipisteet v15 ja v85 koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 501 ja LAM 577) eri liikennemerkkejä käytettäessä talvikausilla järjestelmän rakentamisen jälkeen.

*Taulukko 5. Vapaiden henkilöautojen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä eri viesteille talvikausilla järjestelmän rakentamisen jälkeen.*

Viesti	Tunnusluku	Koetie/501	Vertailutie/577
80 km/h + liukas ajorata -varoituserkki	v85	87,0	
	Keskinopeus	79,4	
	v15	71,0	
	Hajonta	9,0	
	Keskivirhe	0,1	
	N	4821	
80 km/h	v85	90,0	
	Keskinopeus	83,1	
	v15	76,0	
	Hajonta	8,5	
	Keskivirhe	0,0	
	N	78116	
100km/h	v85	97,0	
	Keskinopeus	87,2	
	v15	79,0	
	Hajonta	9,4	
	Keskivirhe	0,1	
	N	9609	
kiinteä 80 km/h	v85		92,0
	Keskinopeus		83,7
	v15		76,0
	Hajonta		10,4
	Keskivirhe		0,0
	N		60631
Kaikki viestit	v85	91,0	92,0
	Keskinopeus	83,3	83,7
	v15	76,0	76,0
	Hajonta	8,8	10,4
	Keskivirhe	0,0	0,0
	N	93071	60631

#### 4.2.2 Viestien vaikutus vapaiden henkilöautojen keskinopeuteen

Kohdassa 3.5.1 esitettyä tilastollista mallia käyttämällä pyrittiin erottamaan muuttuvien liikennemerkkien vaikutus ajonopeuksiin muista ajonopeuksiin vaikuttavista tekijöistä. Malli tarkastelee merkkien vaikutusta keliluokittain. Tulokset (taulukko 6) osoittavat, että nopeusrajoituksen nostaminen 80 km/h:sta 100 km/h:iin nosti eniten eli 7 km/h keskinopeutta silloin, kun keli oli huono, ja vähiten (4 km/h), kun keli oli hyvä. Toisaalta myös hyvällä kelillä annettu liukas

ajorata -varoitusta laski nopeuksia 8 km/h mutta huonolla kelillä huomattavasti vähemmän (3 km/h). Nopeusrajoituksen säilyttäminen samana (80 km/h), mutta esittäminen jälkeen-tilanteessa kuituoitisella merkillä, nosti ajonopeutta huonolla sekä kohtalaisella kelillä 1 km/h ja alensi hyvällä kelillä 3 km/h.

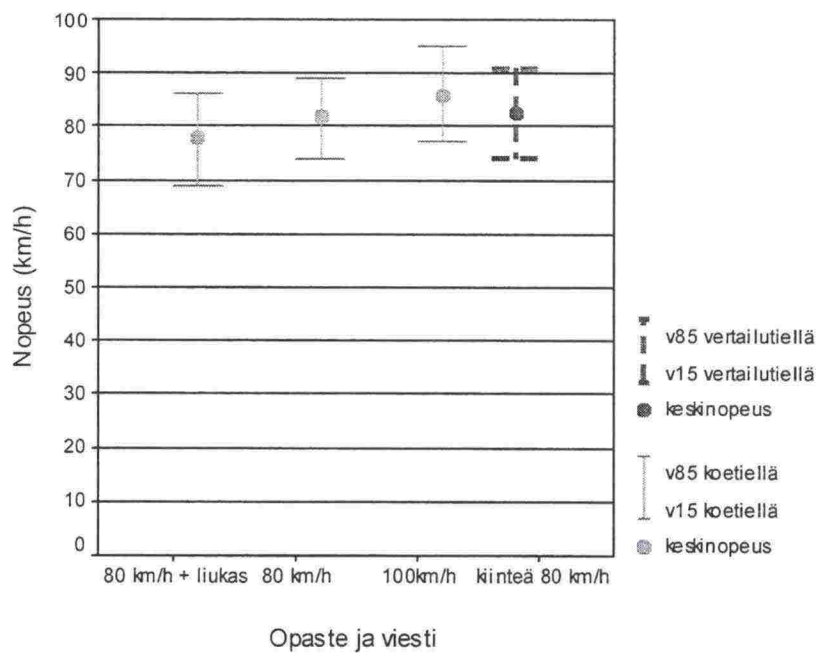
*Taulukko 6. Arvio (km/h) muuttuvien liikennemerkkien vaikutuksesta jonon ulkopuolella ajavien (> 5 s) keskinopeuteen sekaliikennetiellä (LAM 501) talvella, kun vertailutilanteessa ennen järjestelmän rakentamista nopeusrajoitus oli 80 km/h. Kaikki arviot ovat tilastollisesti merkitseviä riskitasolla 0.05.*

Koetien muuttuva liikennemerkki	Keli	% ajasta koko jälkeen-jaksolla	Vaikutus
80 km/h + liukas ajorata -varoituserkki	Huono	2,5	-2,5
	Normaali	2,6	-1,0
	Hyvä	0,6	-8,3
80 km/h	Huono	12,5	+ 1,1
	Normaali	58,6	+1,3
	Hyvä	14,4	-3,2
100 km/h	Huono	0,1	+7,3
	Normaali	3,3	+5,4
	Hyvä	8,7	+3,9

#### 4.2.3 Muutokset koko liikenteen ajonopeuden jakaumissa

Koko liikenteen nopeudet jakautuivat käytettäessä eri liikennemerkkejä hyvin samanlaisesti kuin vapaiden henkilöautojen (kuva 12, taulukko 7). Koko liikenteen keskinopeus oli noin 1,5 km/h alhaisempi kuin vapaiden henkilöautojen.





Kuva 12. Koko liikenteen keskinopeudet, prosenttipisteet v15 ja v85 koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 501 ja LAM 577) eri viesteille talvikausilla järjestelmän rakentamisen jälkeen.

*Taulukko 7. Koko liikenteen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä eri viesteille talvikausilla järjestelmän rakentamisen jälkeen.*

Viesti	Tunnusluku	Koetie/501	Vertailutie/577
80 km/h + liukas ajorata	v85	86,0	
	Keskinopeus	77,8	
	v15	69,0	
	Hajonta	0,1	
	Keskivirhe	9,2	
	N	7821	
80 km/h	v85	89,0	
	Keskinopeus	81,8	
	v15	74,0	
	Hajonta	0,0	
	Keskivirhe	8,5	
	N	127916	
100km/h	v85	95,0	
	Keskinopeus	85,7	
	v15	77,0	
	Hajonta	0,1	
	Keskivirhe	9,3	
	N	16300	
kiinteä 80 km/h	v85		91,0
	Keskinopeus		82,4
	v15		74,0
	Hajonta		0,0
	Keskivirhe		10,2
	N		91863
Kaikki viestit	v85	90,0	91,0
	Keskinopeus	82,0	82,4
	v15	74,0	74,0
	Hajonta	0,0	0,0
	Keskivirhe	8,8	10,2
	N	152903	91863

#### 4.2.4 Viestien vaikutus koko liikenteen keskinopeuteen

Tilastollisella mallilla lasketut järjestelmän vaikutukset koko liikenteen keskinopeuksiin olivat saman suuntaisia ja samaa suuruusluokkaa kuin vaikutukset jonon ulkopuolella ajavien henkilöautojen nopeuksiin (taulukko 8). Huonolla kelillä vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Myöskään liukas ajorata-varoituserkin vaikutus ei ollut merkitsevää koko liikenteelle.

*Taulukko 8. Arvio (km/h) muuttuvien liikennemerkkien vaikutuksesta koko liikenteen keskinopeuteen sekaliikennetiellä (LAM 501) talvella, kun vertailutilanteessa ennen järjestelmän rakentamista nopeusrajoitus oli 80 km/h. (Suluissa oleva vaikutus ei ole tilastollisesti merkitsevä)*

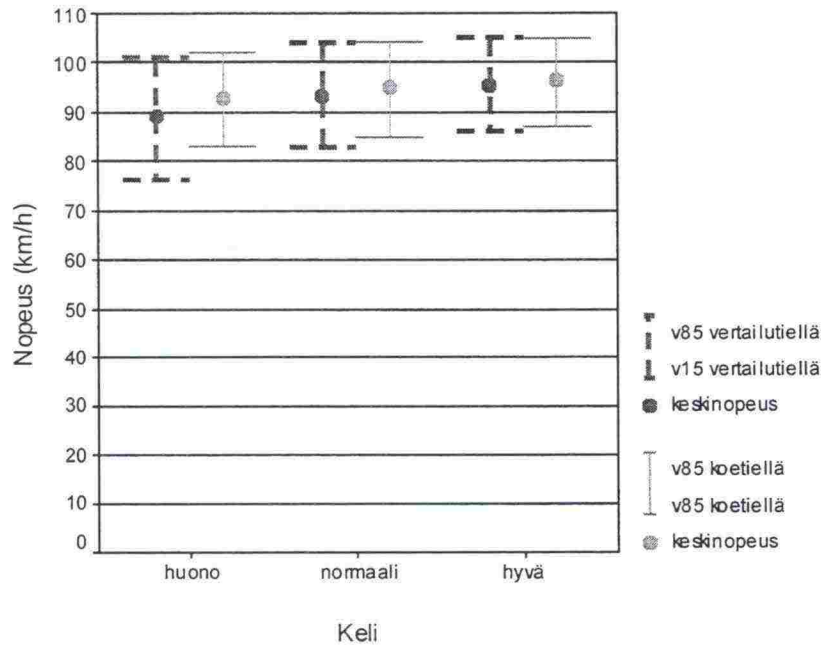
Koetien muuttuva liikennemerkki	Keli	% ajasta koko jälkeen-jaksolla	Vaikutus
80 km/h + liukas ajorata-varoituserkki	Huono	2,5	(+0,3)
	Normaali	2,6	(-0,1)
	Hyvä	0,6	(-0,1)
80 km/h	Huono	12,5	(+0,4)
	Normaali	58,6	+1,2
	Hyvä	14,4	-3,0
100 km/h	Huono	0,1	+10,3
	Normaali	3,3	+4,1
	Hyvä	8,7	+2,9

### 4.3 Nopeusrajoituksen vaikutus ajonopeuksiin kesäkaudella

#### 4.3.1 Muutokset vapaiden henkilöautojen ajonopeuden jakaumissa

##### Ajonopeudet ennen järjestelmän rakentamista

Kesän osalta tarkasteltiin moottoriliikennetien mittauspistettä (583), jossa nopeusrajoitusta alennettiin kesäkautena sateen tai syksyllä ja keväällä liukkauden vuoksi. Koetillä ajettiin kesäkaudella 1,2 km/h korkeammalla keskinopeudella kuin vertailuteillä (kuva 13, taulukko 9). Vertailutiellä keskinopeuksien hajonta oli 2 km/h suurempi.



Kuva 13. Vapaiden henkilöautojen keskinopeudet ja prosenttipisteet v15 ja v85 kesäkaudella koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 583 ja LAM 577)keliluokittain ennen järjestelmän rakentamista.

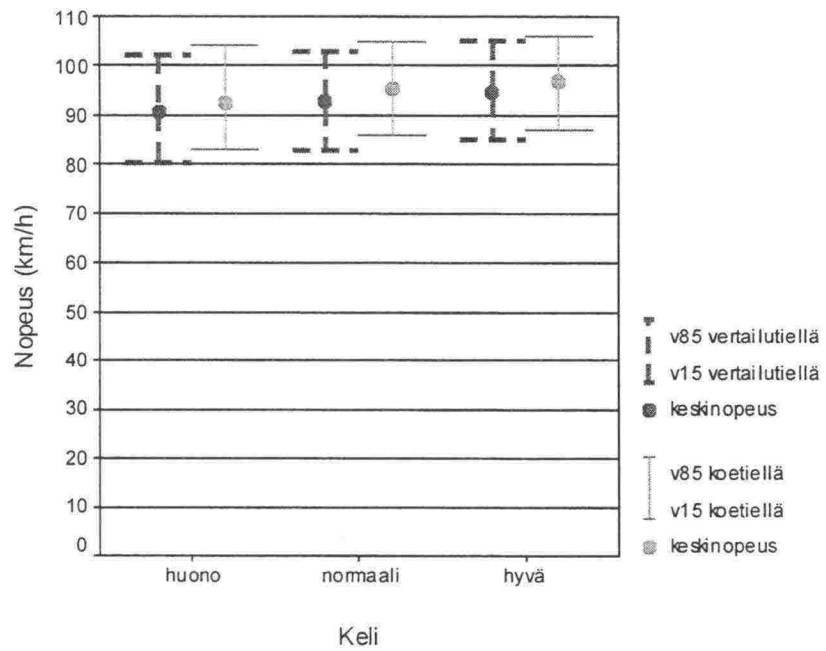


*Taulukko 9. Vapaiden henkilöautojen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä keliluokittain kesä kautena ennen järjestelmän rakentamista.*

Keli	Tunnusluku	Koetie/583	Vertailutie/577
Huono	v85	102,0	101,0
	Keskinopeus	92,7	89,2
	v15	83,0	76,3
	Keskivirhe	0,4	0,8
	Hajonta	10,1	12,0
	N	523	254
Normaali	v85	104,0	104,0
	Keskinopeus	95,1	93,2
	v15	85,0	83,0
	Keskivirhe	0,1	0,2
	Hajonta	9,9	11,5
	N	5580	2833
Hyvä	v85	105,0	105,0
	Keskinopeus	96,6	95,6
	v15	87,0	86,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	9,8	11,5
	N	21504	11976
Kaikki kelit	v85	105,0	105,0
	Keskinopeus	96,2	95,0
	v15	87,0	85,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	9,8	11,5
	N	27607	15063

#### Ajonopeudet järjestelmän käyttöönoton jälkeen

Nopeuksien jakaumat eri keleillä eivät muuttuneet merkittävästi järjestelmän rakentamisen jälkeen (kuva 14, taulukko 10).

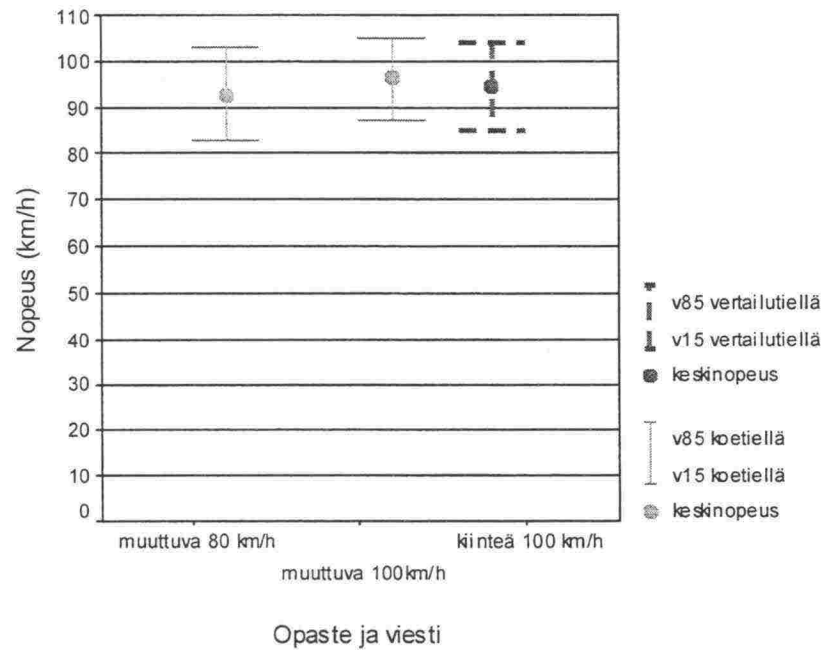


Kuva 14. Vapaiden henkilöautojen keskinopeudet ja prosenttipisteet v15 ja v85 kesäkaudella koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 583 ja LAM 577) keli-luokittain järjestelmän käyttöönoton jälkeen.

Taulukko 10. Vapaiden henkilöautojen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä keliluokittain kesäkaudella järjestelmän rakentamisen jälkeen.

Keli	Tunnusluku	Koetie/583	Vertailutie/577
Huono	v85	104,0	102,0
	Keskinopeus	92,7	90,6
	v15	83,0	80,3
	Keskivirhe	0,5	0,6
	Hajonta	11,0	10,9
	N	409	294
Normaali	v85	105,0	103,0
	Keskinopeus	95,4	93,0
	v15	86,0	83,0
	Keskivirhe	0,1	0,2
	Hajonta	9,8	11,6
	N	6313	4080
Hyvä	v85	106,0	105,0
	Keskinopeus	96,7	94,9
	v15	87,0	85,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	9,7	11,8
	N	20987	13784
Kaikki kelit	v85	105,0	104,0
	Keskinopeus	96,4	94,4
	v15	87,0	85,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	9,8	11,8
	N	27709	18158

Ajonopeudet erosivat eri nopeusrajoituksia käytettäessä (kuva 15, taulukko 11). Koetillä, jossa oli 100 km/h -rajoitus, ajettiin 2,1 km/h korkeammilla nopeuksilla kuin vertailutiellä. Käytettäessä 80 km/h -rajoitusta keskinopeus oli 2,0 km/h alhaisempi kuin vertailutiellä.



Kuva 15. Vapaiden henkilöautojen keskinopeudet ja prosenttipisteet v15 ja v85 kesäkaucilla koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 583 ja LAM 577) eri liikennemerkkejä käytettäessä.



Taulukko 11. Vapaiden henkilöautojen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä eri viesteille kesäkaudella järjestelmän rakentamisen jälkeen.

Viesti	Tunnusluku	Koetie/583	Vertailutie/577
80 km/h	v85	103,0	
	Keskinopeus	92,4	
	v15	83,0	
	Keskivirhe	0,4	
	Hajonta	9,8	
	N	652	
100km/h	v85	105,0	
	Keskinopeus	96,5	
	v15	87,0	
	Keskivirhe	0,1	
	Hajonta	9,7	
	N	27047	
kiinteä 100 km/h	v85		104,0
	Keskinopeus		94,4
	v15		85,0
	Keskivirhe		0,1
	Hajonta		11,8
	N		18158
Kaikki viestit	v85	105,0	104,0
	Keskinopeus	96,4	94,4
	v15	87,0	85,0
	Keskivirhe	0,1	0,1
	Hajonta	9,8	11,8
	N	27709	18158

#### 4.3.2 Viestien vaikutus vapaiden henkilöautojen keskinopeuteen

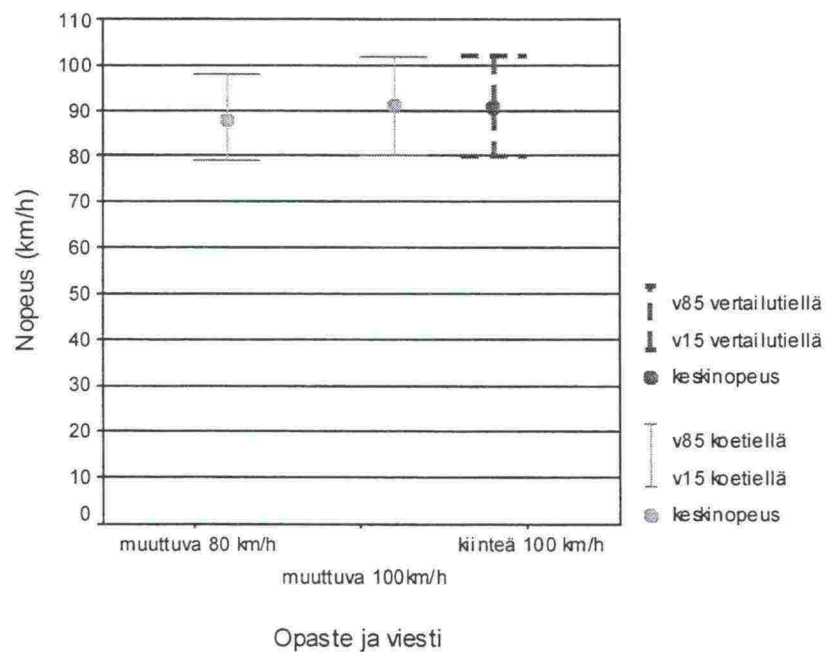
Nopeusrajoituksen alentaminen 100 km/h:sta 80 km/h:iin alensi keskinopeutta 3 km/h (taulukko 12). Muuna aikana keskinopeus nousi vähän.

Taulukko 12. Arvio (km/h) muuttuvien liikennemerkkien vaikutuksesta jonon ulkopuolella ajavien (> 5 sek) henkilöautojen keskinopeuteen moottoriliikennetiellä (LAM 583) kesällä, kun vertailutilanteessa ennen järjestelmän rakentamista nopeusrajoitus oli 100 km/h.

Koetien muuttuva liikennemerkki	Keli	% ajasta koko jälkeen-jaksolla	Vaikutus
80 km/h	Huono	0,4	-3,0
100 km/h	Normaali	21,4	+1,0
	Hyvä	74,2	+0,4

### 4.3.3 Muutokset koko liikenteen ajonopeuden jakaumissa

Koko liikenteen eri viestien aikaiset nopeusjakaumat (kuva 16, taulukko 13) muistuttavat paljon vapaiden henkilöautojen jakaumia. Keskinopeudet olivat alempia ja viestien väliset erot pienempiä.



Kuva 16. Koko liikenteen keskinopeudet ja prosenttipisteet v15 ja v85 kesäkaudella koe- ja vertailutien mittauspisteissä (LAM 583 ja LAM 577) eri viesteille.

Taulukko 13. Koko liikenteen nopeusjakaumien tunnuslukuja koe- ja vertailutien mittauspisteissä eri viesteille kesäkaudella järjestelmän rakentamisen jälkeen.

Viesti	Tunnusluku	Koetie/583	Vertailutie/577
80 km/h	v85	98,0	
	Keskinopeus	87,9	
	v15	79,0	
	Hajonta	0,2	
	Keskivirhe	9,9	
	N	1586	
100km/h	v85	102,0	
	Keskinopeus	91,1	
	v15	80,0	
	Hajonta	0,0	
	Keskivirhe	10,8	
	N	65500	
kiinteä 100 km/h	v85		102,0
	Keskinopeus		90,7
	v15		80,0
	Hajonta		0,1
	Keskivirhe		11,4
	N		36695
Kaikki viestit	v85	102,0	102,0
	Keskinopeus	91,0	90,7
	v15	80,0	80,0
	Hajonta	0,0	0,1
	Keskivirhe	10,8	11,4
	N	67102	36695

#### 4.3.4 Viestien vaikutus koko liikenteen keskinopeuteen

Tilastollisella mallilla lasketut vaikutukset kesällä moottoriliikennetiellä olivat saman suuntaisia ja jonkin verran pienempiä koko liikenteen keskinopeuksiin verrattuna (taulukko 14).

Taulukko 14. Arvio (km/h) muuttuvien liikennemerkkien vaikutuksesta koko liikenteen keskinopeuteen moottoriliikennetiellä (LAM 583) kesäkaudella, kun vertailutilanteessa ennen järjestelmän rakentamista nopeusrajoitus oli 100 km/h.

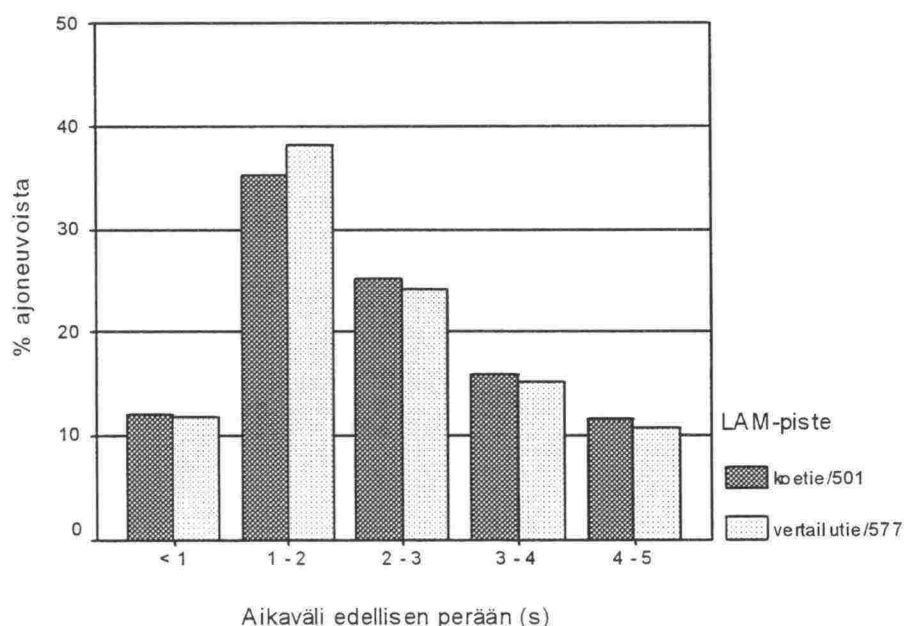
Koetien muuttuva liikennemerkki	Keli	% ajasta koko jälkeen-jaksolla	Vaikutus
80 km/h	Huono	0,4	-2,2
100 km/h	Normaali	21,4	+0,2
	Hyvä	74,2	-0,6

## 4.4 Nopeusrajoituksen ja liukas ajorata -varoitushin vaikutus aikaväleihin talvella

### 4.4.1 Aikavälien jakautuminen

Viestin vaikutusta aikaväleihin selvitettiin tarkastelemalla koetien sekaliikenne-  
tieosuudella (LAM 501) ja vertailutiellä (LAM 577) talvikausina mitattuja aikavä-  
lijakaumia. Tarkastelu koostuu ennen- ja jälkeen-jaksoista, eri mittauspisteistä,  
keleistä ja viesteistä muodostettujen aikavälihistogrammien vertailusta sekä ti-  
lastollisen mallin sovittamisesta aineistoon vaikutusten suuruuden arvioimiseksi.

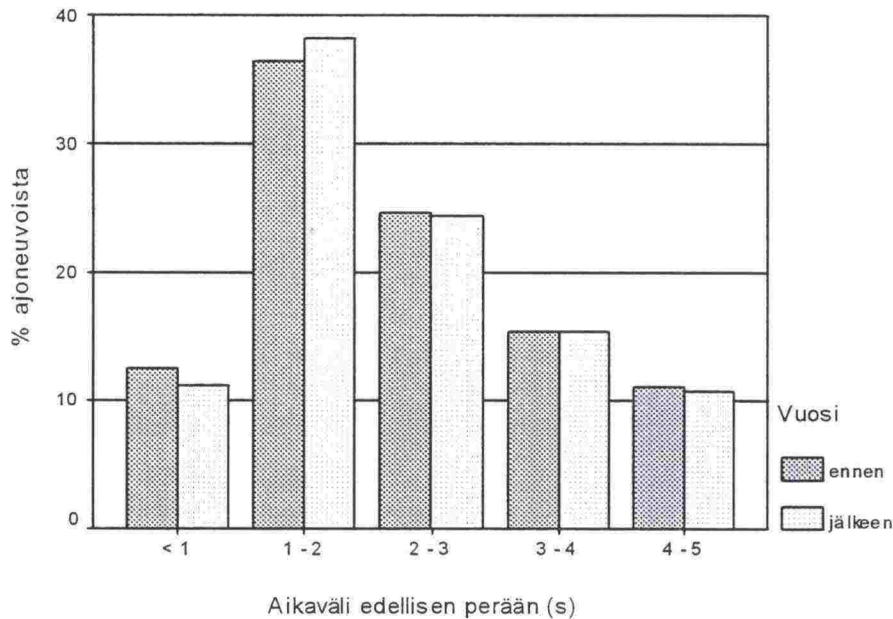
Ennen-jaksolla 80 km/h -nopeusrajoituksella koe- ja vertailutien aikavälijakaumat  
poikkesivat toisistaan vähän (kuva 17). Vertailutiellä ajettiin jonossa hieman ly-  
hyemmällä aikavälillä kuin koetiellä. Alle sekunnin aikavälien osuuksissa ei ole  
eroa.



Kuva 17. Aikavälijakaumat koe- ja vertailutiellä talvikauden ennen-aineistoissa, joissa oli kiinteä 80 km/h -nopeusrajoitus. Jonossa ajavien jakaumien keskimäiset ovat 2,1 s koe- ja 2,0 s vertailutiellä. Vastaavat prosenttipisteet [25,75] ovat [1,3, 3,1] ja [1,3, 3,1]. Jonossa ajavien määrät aineistoissa ovat 18513 ja 10645.

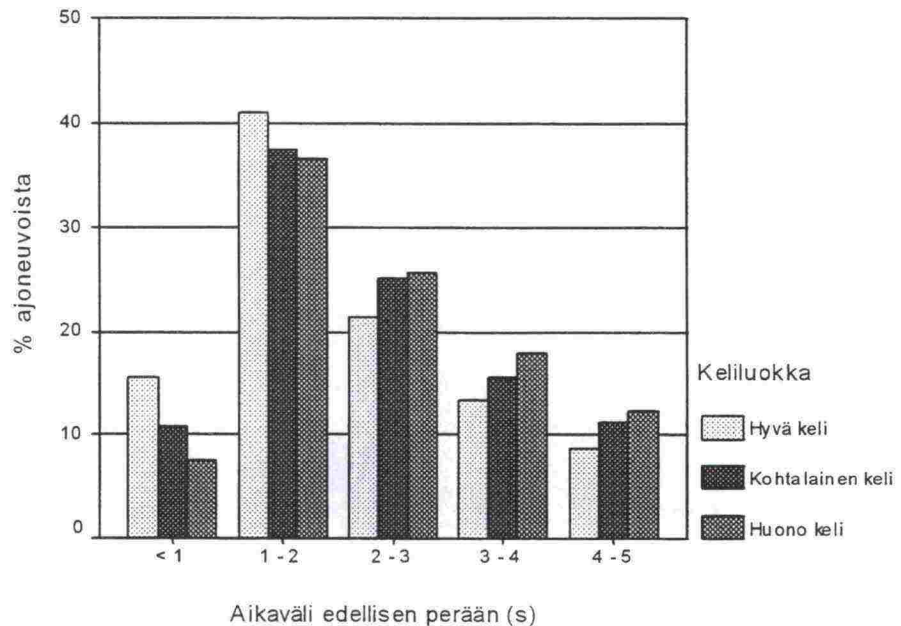
Ennen- ja jälkeen-jaksojen välillä tapahtunut muutos aikavälijakaumassa vertai-  
lutiellä on esitetty kuvassa 18. Jälkeen-jakson jakaumassa on lyhyistä, alle se-  
kunnin aikaväleistä pieni osa siirtynyt 1–2 sekunnin luokkaan. Ero saattaa johtua  
mahdollisesti erilaisista talvista tai muutoksista liikennemäärissä jaksoilla.





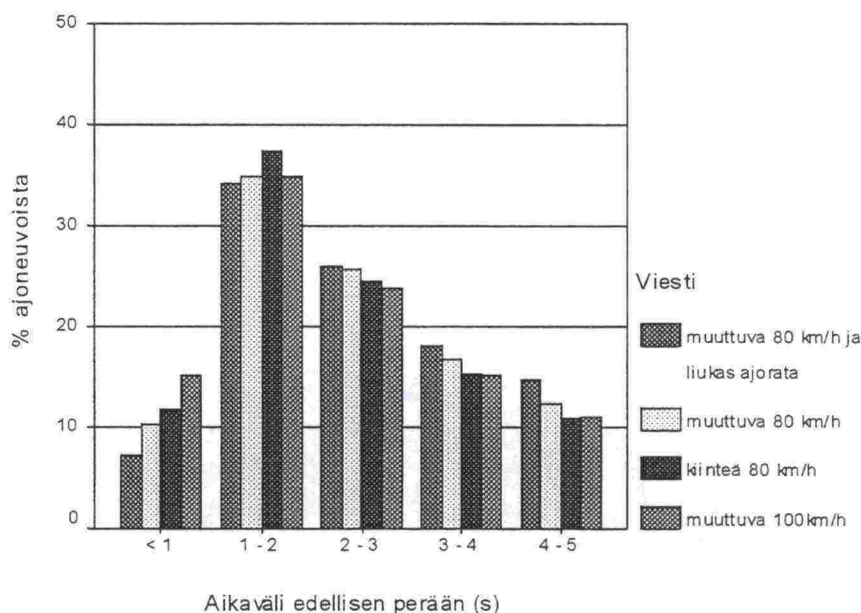
Kuva 18. Aikavälijakaumat talvikausien ennen- ja jälkeen-aineistossa vertailutiellä, jossa oli kiinteä 80 km/h -nopeusrajoitus. Jonossa ajavien jakaumien keskimmäiset ovat ennen 2,0 s ja jälkeen 2,0 s. Vastaavat prosenttipisteet [25,75] ovat [1,3, 3,0] ja [1,4, 3,1]. Jonossa ajavien määrät aineistoissa ovat 10645 ja 31232.

Erilaisten kielten aikana 80 km/h -nopeusrajoituksella vertailutiellä mitatut aikavälijakaumat ovat kuvassa 19. Kelien mukaiset jakaumat poikkeavat toisistaan melko selkeästi; mitä parempi keli, sitä enemmän ja pienemmällä aikavälillä jonnossa ajetaan.



Kuva 19. Aikavälijakaumat keliluokittain talvikausien ennen- ja jälkeen-aineistossa vertailutiellä 80 km/h -rajoituksella. Jonossa ajavien jakaumien keskimmäiset ovat 1,8 hyvällä, 2,1 kohtalaisella ja 2,2 huonolla kelillä. Vastaavat prosenttipisteet [25,75] ovat [1,2, 2,8], [1,4, 3,1] ja [1,5, 3,3]. Jonossa ajavien määrät aineistoissa ovat 11365, 26305 ja 4207.

Koko havaintoaineistosta eri viestien aikana lasketuista aikavälijakaumista on löydettävissä pieniä eroja (kuva 20). Lyhyitä aikavälejä esiintyi jonkin verran vähemmän liukas ajorata -varoituserkkiä käytettäessä kuin käytettäessä muuttuvaa 80 km/h -rajoitusta ilman varoitusta. Toisaalta lyhyitä aikavälejä esiintyi jonkin verran enemmän kiinteällä 80 km/h ja muuttuvalla 100 km/h -rajoituksella kuin muuttuvalla 80 km/h -rajoituksella. On mahdollista, että havaittu ero aikavälijakaumissa johtuu siitä, että koetien liikennemerkki määräytyvät pääasiassa kelin mukaan (kohta 3.1). Keliluokkien erilaiset aikavälijakaumat vaikuttavat näin viestien aikavälijakaumiin. Esimerkiksi liukas ajorata -varoituserkkiä käytetään todennäköisesti vain, kun keli on huono, ja huonolla kelillä lyhyet aikavälit ovat harvinaisempia kuin muilla keleillä. Jakaumien ja tunnuslukujen perusteella ei voi päätellä viesteillä olevan vaikutusta aikavälijakaumiin.



Kuva 20. Aikavälijakaumat käytettyjen viestien mukaan talvikausien ennen- ja jälkeen-aineistossa. Jonossa ajavien jakaumien keskimmäiset ovat 2,3 liukas ajorata -varoituksen aikana, 2,2 muuttuvan 80 km/h -rajoituksen, 2,0 kiinteän 80 km/h -rajoituksen ja 2,0 muuttuvan 100 km/h -rajoituksen aikoina. Vastaavat prosenttipisteet [25,75] ovat [1,5, 3,4], [1,4, 3,2], [1,3, 3,1] ja [1,3, 3,1]. Jonossa ajavien määrät aineistoissa ovat 3000, 49800, 60390 ja 6691.

#### 4.4.2 Vaikutusten arviointi tilastollisen mallin avulla

Tilastollisen mallin (kohta 3.5.2) avulla pyritään erottamaan kelin vaikutus viestien vaikutuksesta lyhyiden (alle 1 s) aikavälien osuuteen jonossa ajavista. Ehdotettu logit-malli ottaa kohdan 4.4.1 jakaumatarkasteluja useamman tekijän huomioon ja selittää näiden yhteisjakaumassa tapahtuvilla muutoksilla lyhyiden aikavälien osuutta jonossa.

Sovitettaessa mallia aineistoon jouduttiin ajoneuvoluokkien erottelusta luopumaan, koska tämä johti lukuisiin luokkiin, joissa oli vain muutama havainto. Samasta syystä liikennetilanteita, joissa laskennallinen tuntiliikennemäärä oli alle 100, ei tarkasteltu ollenkaan.

Malli sopi aineistoon hyvin, mutta selittävien tekijöiden vaikutusten arvioiden virheet jäivät suuriksi, ja ne riippuivat toisistaan. Pääasiallinen syy tähän on, että tutkimusasetelmassa viesti ei ole riippumaton mittausjaksosta eikä -pisteestä. Kunnollisen sovittamisen mahdollistamiseksi oli tehtävä oletus, että jakso ja mittauspiste eivät vaikuta aikaväleihin, vaan muutokset lyhyiden aikavälien osuudessa johtuvat lopuista selittävästä tekijöistä. Näille mallin antamien vaikutusarvioiden merkittävyyttä on siten arvioitava sen mukaan, voisivatko ne suuruudeltaan olla peräisin mittausjaksojen tai -pisteiden välisistä eroista.



Yksinkertaistettu malli selittää lyhyiden aikavälien osuuden vaihtelun edelleen melko hyvin, ei kuitenkaan aivan yhtä hyvin kuin mittausjaksoa ja -pistettä käyttävä malli. Nyt kuitenkin selittävien tekijöiden vaikutusarvioiden virheet ovat pienempiä. *Liitteessä 5* on esitetty mallin parametrien arviot ja niiden keskivirheet.

Mallin antamien arvioiden mukaan lyhyiden aikavälien osuus on suurimmillaan liikennemäärällä 200–400 ajoneuvoa tunnissa, mutta pienenee tilastollisesti merkittävästi, jos liikennemäärä tästä laskee tai kasvaa. Viikonpäivien välille ei synny merkitsevää eroa, mutta malli viittaa siihen suuntaan, että viikon keskellä tiistaista perjantaihin lyhyiden aikavälien osuus on suurempi kuin lauantaista maanantaihin niin, että osuus on pienimmillään lauantaina. Kelin vaikutuksen malli tuo erittäin merkittävänä esiin. Se arvioi lyhyiden aikavälien osuudeksi kiinteällä 80 km/h -nopeusrajoituksella, 200–400 ajoneuvon tuntiliikennemäärällä, keskellä viikkoa 16% hyvällä kelillä, 12% normaalilla kelillä ja 8% huonolla kelillä.

Mallista saatavat arviot viestien vaikutukselle erilaisten kelien vallitessa on esitetty *taulukossa 15*. Liukas ajorata -varoitusta yhdistettynä muuttuvaan nopeusrajoitukseen vähentää alle sekunnin aikavälejä neljänneksen, kun verrataan kiinteään 80 km/h nopeusrajoitukseen. Pelkkä muuttuva 80 km/h -nopeusrajoitus ei vaikuta merkittävästi lyhyisiin aikaväleihin huonolla kelillä mutta vähentää niiden osuutta merkittävästi normaalilla ja hyvällä kelillä, ei kuitenkaan niin paljoa kuin yhdistettynä liukasvaroitukseen. Muuttuva 100 km/h -nopeusrajoitus nostaa lyhyiden aikavälien osuutta kolmanneksella normaalilla kelillä muttei vaikuta merkittävästi hyvällä kelillä.

Viestien vaikutus riippuu selvästi vallitsevasta kelistä ja se on suurimmillaan niin merkittävä että on hyvin epätodennäköistä että vaikutus olisi peräisin mallista pois jätettyjen tekijöiden, mittausjakson tai -pisteen vaikutuksesta.



Taulukko 15. Arvio muuttuvien liikennemerkkien vaikutuksesta alle sekunnin aikavälien osuuteen jonossa ajavista sekaliikennetiellä (LAM 501) talvella, kun verrataan kiinteään 80 km/h nopeusrajoitukseen vastaavalla kelillä. Vaikutukset on ilmoitettu alle sekunnin aikavälien osuuden suhteellisenä muutoksena ja ne on laskettu 200–400 ajoneuvon tuntiliikennemäärälle keskellä viikkoa. Suluissa oleva vaikutus ei ole tilastollisesti merkitsevä riskitasolla 0.05.

Koetien muuttuva liikennemerkki	Keli	Vaikutus
80 km/h + liukas ajorata-varoitusmerkki	Huono	- 27 %
	Normaali	- 25 %
	Hyvä	
80 km/h	Huono	( - 5 % )
	Normaali	- 10 %
	Hyvä	- 15 %
100 km/h	Huono	
	Normaali	+ 31 %
	Hyvä	( - 4 % )

## 4.5 Järjestelmän toiminnan luotettavuus

### 4.5.1 Tiesääasemien tieto ja käsisäämittaukset

Tutkimusalueella on kaksi tiesääasemaa, asema 3007 sekaliikennetiellä ja asema 3006 moottoriliikennetiellä. Tässä on tarkasteltu ainoastaan itään suuntautuvan kaistan tietoja. Tarkastelussa verrattiin mittaajien tekemiä sää- ja kelihavaintoja vastaaviin tiesääasemien tallentamiin tietoihin. Tarkastelu on huonoille keleille painottuva näyte eikä täten edustava otos. Yhteisiä muuttujia olivat keli ajourissa, sateen määrä, sateen olomuoto ja näkyvyys. Järjestelmän keliluokan määrittelyyn vaikuttavat lisäksi muun muassa lämpötila ja tuulen voimakkuus (ks. luku 3.1). Tiesääaseman keli-muuttujaa verrattiin myös mitattuihin kitka-arvoihin.

Tiesääasemat luokittelevat kelin seuraavasti: kuiva, kostea, todennäköisesti kostea ja suolainen, märkä, märkä ja suolainen, kuura, lumen, jäinen. Käsisäämittausten tekijät käyttivät lisäksi luokkaa sohjoinen. Tiesääaseman 3007 kohdalla tehtiin kelistä 114 havaintoa ja tiesääaseman 3006 kohdalla 105 havaintoa. Tiesääasemien ilmoittama keli oli 68 %:sti sama tai lähes sama kuin mittaajan havaitsema keli. Täysin yhteneviä havaintoja oli tiesääasemalta 3007 32 % ja tiesääasemalla 3006 24 % (ks. tarkemmin liite 6).

Tiepiirin henkilökunta teki kummankin tiesääaseman kohdalla keli- ja säähavaintojen lisäksi kitkamittauksia. Kitka luokiteltiin neljään ryhmään: hyvä ( $\mu \geq 0,45$ ), kohtalainen ( $0,30 \leq \mu < 0,45$ ), huono ( $0,20 \leq \mu < 0,30$ ) ja erittäin huono ( $\mu < 0,20$ ). Mittausten aikana kitka ei ollut kertaakaan erittäin huono. Kunkin kitkamittauksen jälkeen mittauksen tekijä arvioi ajourien kelin.

Sekaliikennetiellä kitkan ollessa hyvä ajourien kelin oli havaittu pääsääntöisesti (97 %) olevan kuivasta märkään ja suolaiseen. Huonon kitkan havainnot olivat kaikki kuuraiselta, lumiselta tai jäiseltä keliltä. Kohtalaisen kitkan aikana noin joka kolmannella kerralla mittaaja havaitsi ajourien kelin olevan kostea ja suolainen ja loppuilla kerroilla kuurainen, luminen tai jäinen. Tiesääasema sen sijaan oli kitkan ollessa huono luokitellut kelin olevan kuiva 41 %:ssa tapauksista, luminen 35 %:ssa muttei jäinen kertaakaan. Hyvän kitkan aikana tiesääasema luokitteli kelin 15 %:ssa kuuraiseksi, lumiseksi tai jäiseksi, kun mittaushenkilöiden mukaan tilanne oli tämä vain 3 %:ssa (ks. tarkemmin *liite 7*).

Moottoriliikennetiellä kitkan ollessa hyvä mittaaja oli havainnut ajourien kelin yhtä kertaa lukuun ottamatta olevan kuivasta märkään ja suolaiseen. Huonon kitkan havainnot olivat pääsääntöisesti jäiseltä keliltä (89 %). Kohtalaisen kitkan havaintoja oli kaikilta keleiltä painottuen kuitenkin jäiselle, kuuraiselle sekä kostealle ja suolaiselle keliltä. Kitkan ollessa huono tiesääasema määritteli kelin kuivaksi 53 %:ssa ja lumiseksi 37 %:ssa tapauksista. (*liite 7*).

Tiesääasemat tuottavat tiedon sään poutaisuudesta seuraavalla jaottelulla: pouta, heikko vesisade, kohtalainen vesisade, runsas vesisade, heikko jäätynyt sade, kohtalainen jäätynyt sade, runsas jäätynyt sade. Käsissämittausten tekijät arvioivat, oliko pouta vai satoiko heikosti, kohtalaisesti tai runsaasti. Sekaliikennetiellä poutaisuudesta tehtiin 100 ja moottoriliikennetiellä 105 havaintoa.

Sekaliikennetiellä tiesääasema tunnisti sään poutaisuuden tai sateen voimakkuuden oikein 96 %:ssa havaintokerroista. Poutaisen sään se tunnisti oikein 81 %:sesti. Ainoastaan 3 %:ssa havaittu ja tiesääaseman antama luokitus erosivat toisistaan yli yhdellä luokalla (*taulukot liitteessä 8*).

Moottoriliikennetiellä tiesääasema tunnisti sään poutaisuuden tai sateen voimakkuuden oikein 58 %:ssa havaintokerroista. Poutaisen sään se tunnisti oikein 89 %:sesti. Runsasta sadetta tiesääasema ei tunnistanut kertaakaan (*liite 8*). Ainoastaan sekaliikennetien tiesääasema tunnisti sateen olomuodon. Tulokset on esitetty *liitteessä 9*.

Tutkimusalueella olevista tiesääasemista ainoastaan asemalla nro 3007 on näkyvyysanturi. Tämän tiesääaseman kohdalla tehtiin 98 havaintoa näkyvyydestä. Käsissämittausten tekijät arvioivat, oliko näkyvyys alle 200 m, 200–300 m tai yli 300 m. Tiesääasema ilmoitti näkyvyyden olleen jokaisella havaintokerralla yli 300 m. Mittaushenkilö arvioi kuitenkin kahdesti näkyvyyden olleen alle 200 m ja 11 kertaa 200–300 m.

#### 4.5.2 Merkkiloki ja käsisäätieto

Analyysia varten sää- ja keliolot luokiteltiin kolmeen luokkaan myös käsisäämittausten perusteella. Luokitus tehtiin siten, että se noudatti mahdollisimman hyvin Sääohjatun tien ohjauspolitiikan (ks. luku 3.1) keliuokitusta. Ohjauspolitiikka pe-



rustuu tiesääsemasta saataviin tietoihin, jotka eivät sisällä kitkamittausta. Kitkamittaukset otettiin huomioon seuraavasti:

- mitattu kitka  $>0,45$ , keliluokka on A
- mitattu kitka  $>0,30$  ja  $\leq 0,45$ , keliluokka on B
- mitattu kitka  $>0,20$  ja  $\leq 0,30$ , keliluokka on C
- mitattu kitka  $<0,20$ , keliluokka on D.

Lisäksi luokituksessa otettiin huomioon ohjauspolitiikan mukaiset ehdot sade-, keli- ja näkyvyyshavainnoista. Käsissään keliluokitukseen sopivaa nopeusrajoitusta verrattiin todellisuudessa esitettyihin nopeusrajoituksiin (taulukot 16 ja 17).

Sekaliikennetiellä Kotkan suuntaan nopeusrajoitus oli asetettu käsisäämittauksista muodostetun keliluokan perusteella oikein 76 %:ssa havaintokerroista (taulukko 16). Liian korkea se oli kerran (1 %). Nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h kitka oli huono 19 %:ssa, kohtalainen 22 %:ssa ja hyvä 59 %:ssa. Nopeusrajoitus ei ollut kertaakaan 100 km/h kitkan ollessa huono.

Käsisäämittausten tekijät arvioivat myös, mikä nopeusrajoitus – 60 km/h, 80 km/h vai 100 km/h – olisi heidän mielestään ollut sopiva mittaushetkellä. Mittaajat arvioivat sopivan nopeusrajoituksen olevan sama kuin voimassa ollut rajoitus 47 %:ssa havaintokerroista. Sopivan rajoituksen ei arvioitu kertaakaan olevan voimassa olevaa rajoitusta alhaisempi (taulukko 16).

*Taulukko 16. Havaitut sää- ja keliolot sekaliikennetiellä Kotkan suuntaan eri nopeusrajoituksilla (nopeusrajoitus 60 km/h vastaa keliluokkaa D (erittäin huono), rajoitus 80 km/h luokkia C ja B ja rajoitus 100 km/h luokkaa A).*

		Voimassa ollut nopeusrajoitus (km/h)		
		60	80	100
Nopeusrajoitusluokka käsimittausten perusteella	A (n=24)	–	22	2
	B (n=47)	–	44	1
	C (n=23)	–	25	–
Kitka	hyvä (n=57)	–	54	3
	kohtalainen (n=20)	–	20	–
	huono (n=17)	–	17	–
Mittaajan arvio sopivasta nopeusrajoituksesta	100 (n=53)	–	50	3
	80 (n=41)	–	41	–
	60 (n=0)	–	–	–

Moottoriliikennetiellä Kotkan suuntaan nopeusrajoitus oli asetettu käsisäämittauksista muodostetun keliluokan perusteella oikein 61 %:ssa havaintokerroista. Liian korkea se oli 5 %:ssa tapauksista. Nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h kitka oli huono 31 %:ssa, kohtalainen 31 %:ssa ja hyvä 38 %:ssa. Kitka oli huono 7 %:ssa tapauksista, jolloin nopeusrajoitus oli 100 km/h, ja kohtalainen 15 %:ssa.

Mittaajat pitivät voimassa ollutta nopeusrajoitusta sopivana 72 %:ssa havaintokerroista. Nopeusrajoitus oli mittaajien mielestä liian matala 31 % tapauksista ja liian korkea 5 % tapauksista. (taulukko 17).

*Taulukko 17. Havaitut sää- ja keliolot moottoriliikennetiellä Kotkan suuntaan eri nopeusrajoituksilla (nopeusrajoitus 60 km/h vastaa keliluokkaa D (erittäin huono), rajoitus 80 km/h luokkaa C ja rajoitus 100 km/h luokkaa B ja A).*

		Voimassa ollut nopeusrajoitus (km/h)		
		60	80	100
Nopeusrajoitusluokka käsimittausten perusteella	A (n=20)	–	7	12
	B (n=48)	–	24	24
	C (n=25)	–	21	5
Kitka	hyvä (n=52)	–	20	32
	kohtalainen (n=22)	–	16	6
	huono (n=19)	–	16	3
Mittaajan arvio sopivasta nopeusrajoituksesta	100 (n=57)	–	21	36
	80 (n=36)	–	31	5
	60 (n=0)	–	–	–

Sekaliikennetiellä Kotkan suuntaan kitkan ollessa huono 29 %:ssa havaintokerroista muuttuvassa opasteessa liukas ajorata -varoituserkki. Vastaava prosenttiosuus moottoriliikennetiellä oli 37. Taulukossa 18 on esitetty liukas ajorata -varoituserkin käyttö muissa kitkaluokissa.

*Taulukko 18. Eri varoituserkkien käyttöosuudet (%) eri kitkaluokissa.*

	kitka	varoituserkki	
		ei varoitusta	liukas tie
sekaliikennetie	hyvä	76	14
	kohtalainen	65	25
	huono	59	29
moottoriliikennetie	hyvä	79	15
	kohtalainen	50	41
	huono	53	37

## 4.6 Kuljettajien käsitykset

### 4.6.1 Kuljettajat

Haastatteluihin pysäytettiin yhteensä 335 merkin ohittanutta henkilö- tai pakettiauton kuljettajaa, joista kahdeksan kieltäytyi haastatteluun osallistumisesta. Lopullinen aineisto sisältää 327 suomenkielistä kuljettajaa, joista 152 oli puuskainen tuuli -tekstiviestein ohittaneita ja 175 muista turvaväli -tekstiviestein ohittaneita.



Kuljettajat olivat 19–85-vuotiaita ja heistä 80 % oli miehiä. Kuljettajista 16 % oli alle 30-vuotiaita, 66 % 31–59-vuotiaita ja 18 % 60-vuotiaita tai vanhempia. Keskimääräinen ajosuorite viimeisen vuoden aikana on esitetty *taulukossa 19* (keskiarvo 26 960 km). Valtaosa kuljettajista oli ohittanut mittauspaikan päivittäin (*taulukko 20*). Kuljettajien taustatiedot eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi kahden tutkitun merkin välillä.

*Taulukko 19. Kuljettajan ajosuorite viimeisen vuoden aikana.*

Ajosuorite viimeisen vuoden aikana	Kuljettajien osuus (%)
Alle 10 000 km	10,4
10 000 - 20 000 km	40,2
20 001 - 50 000 km	40,5
Yli 50 000 km	8,9

*Taulukko 20. Mittauspaikan ohittaminen.*

	Kuljettajien osuus (%)
Päivittäin	42,4
Viikoittain	34,9
Kuukausittain	19,3
Ensimmäistä kertaa	3,4

#### 4.6.2 Muuttuvan opasteen tekstiviestin muistaminen

Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin arvon muisti 95 % kuljettajista. Tutkittu muuttuva tekstiviesti ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi nopeusrajoituksen muistamiseen. Muuttuvan opasteen tekstiviestin "puuskainen tuuli" muisti 77 % (133 kuljettajaa) pysäytetyistä kuljettajista ja muista turvaväli -tekstiviestin 47 % (72 kuljettajaa) kuljettajista ( $\chi^2(1) = 29.8$ ,  $p < 0.001$ ). Puuskainen tuuli -tekstiviestin ohittaneista kuljettajista 73 % muisti tekstiviestin yläpuolella näytetyn kuituoptisen muu vaara -varoituserkin.

#### 4.6.3 Muuttuvan opasteen oletetut vaikutukset

Kuljettajilta, jotka muistivat nähneensä tekstiviestin kysyttiin, tiesivätkö he, miten heidän oletettiin reagoivan esitettyyn tekstiviestiin. Kuljettajan vastaukset kysymykseen on esitetty merkeittäin *taulukossa 21*.

*Taulukko 21. Kuljettajien vastaukset kysymykseen, miten heidän oletetaan reagoivan esitettyyn tekstiviestiin.*

Tekstiviestin oletettu vaikutus	Kuljettajien osuus (%)	
	PUUSKAINEN TUULI (N=133)	MUISTA TURVAVÄLI (N=72)
Hiljentää	27,1	5,6
Tarkkaavuus lisääntyy	28,6	6,9
Jättää pidemmän välin edellä ajavaan		79,2
Yleinen varovaisuus lisääntyy	6,8	1,4
Ottaa ratista tiukemman otteen	2,3	
Lisää tarkkaavaisuutta ja lisäksi hiljentää	19,5	
Lisää tarkkaavaisuutta ja jättää pidemmän välin edellä ajavaan		2,8
Jokin muu	0,8	2,8
Ei tiedä, ei osaa sanoa	15,0	1,4
Yhteensä:	100	100

#### 4.6.4 Kuljettajien ilmoittamat opasteen mahdolliset vaikutukset kuljettajakäyttäytymiseen

Puuskainen tuuli -tekstiviestin ohittaneista kuljettajista 57 % vastasi, että merkki olisi vaikuttanut heidän ajokäyttäytymiseen, kun vastaavasti muista turvaväli -tekstiviestin ohittaneista kuljettajista vastaava osuus oli 45 % ( $\chi^2(1) = 5.3$ ,  $p < 0.03$ ). Kuljettajat, jotka vastasivat kysymykseen "en osaa sanoa", poistettiin aineistosta ennen tilastollista testausta. Kuljettajia, jotka vastasivat, että merkki olisi vaikuttanut ajokäyttäytymiseen jollain tavalla, pyydettiin tarkentamaan vastaustaan. Kuljettajien tarkennetut vastaukset on esitetty taulukossa 22.

*Taulukko 22. Kuljettajien tarkennetut vastaukset tekstiviestin vaikutuksesta heidän ajokäyttäytymiseen.*

Tekstiviestin vaikutus	Kuljettajien osuus (%)	
	PUUSKAINEN TUULI (N = 77)	MUISTA TURVA- VÄLI (N = 33)
Alentaa nopeutta	26	3
Lisää tarkkaavuutta	27	-
Ajaa varovaisemmin	13	-
Pidentää etäisyyttä edellä ajavaan	-	27
Tarkistaa etäisyyden edellä ajavaan	-	18
Ottaa ratista tiukemman otteen	6	-
Jokin muu		3
Ei osaa tarkentaa viestin vaikutusta	28	49
Yhteensä:	100	100

Kuljettajille, jotka vastasivat, ettei viesti olisi vaikuttanut lainkaan, esitettiin lisäkysymys, miksei merkki olisi vaikuttanut heidän ajokäyttäytymiseensä. Kuljettajien vastaukset on esitetty taulukossa 23.

Taulukko 23. Miksei merkki olisi vaikuttanut kuljettajakäyttäytymiseen.

Kuljettajan vastaus	Kuljettajien osuus (%)	
	PUUSKAINEN TUULI (N = 47)	MUISTA TURVA- VÄLI (N = 40)
Kuljettaja ajoi jo varovasti	26	23
Keliolosuhteet olivat hyvät	17	10
Väli edellä ajavaan oli jo riittävä	-	55
Kuljettaja tunsu tien ja keliolosuhteet	17	-
Tuuli ei vaikuta raskaaseen ajoneuvoon	9	-
Tuuli ei vaikuta henkilöautoon	5	-
Ei erityistä syytä	26	12
Yhteensä:	100	100

#### 4.6.5 Järjestelmän toiminnan ymmärrettävyys

Kysyttäessä järjestelmän toimintaan vaikuttavia seikkoja 70 % kuljettajista vastasi oikein, että sää ja keli vaikuttivat näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen. Kuljettajia, jotka vastasivat sään ja kelin vaikuttavan, pyydettiin vielä tarkentamaan, mitkä seikat säässä ja kelissä vaikuttavat näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen. Tarkennetut vastaukset on esitetty taulukossa 24. Kaikista kuljettajista 56 % vastasi ajantasaisen sää- ja keliolosuhteiden vaikuttavan näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen.

Taulukko 24. Kuljettajien tieto näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen vaikuttavista tekijöistä. Kuljettajat, jotka eivät tienneet sää- ja keliolosuhteiden vaikuttavan lainkaan näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen, eivät sisälly tähän taulukkoon (kuljettajat saattoivat vastata useita tekijöitä).

Tarkennettu vastaus vaikuttavista sää- ja kelitekijöistä	Osuus kuljettajista (%) (N = 230)
Sade	38,5
Näkyvyys	23,4
Tien pinta	63,2
Tuuli	11,7
Vuodenaika	6,1
Lämpötila	5,6
Ei osaa sanoa	14,3

Kymmenen prosenttia pysäytetyistä kuljettajista ei osannut nimetä yhtään näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen vaikuttavaa tekijää. Vääriksi vastauksiksi



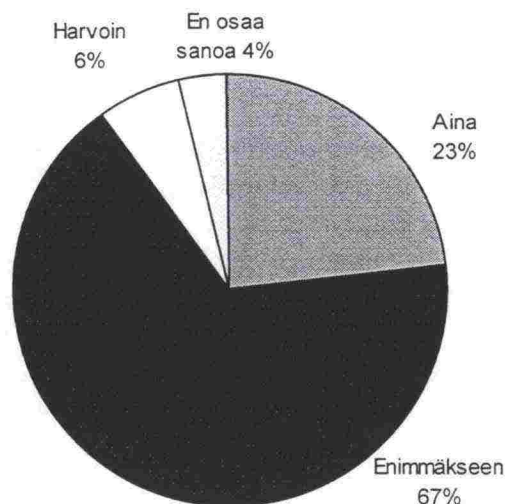
kirjattiin kuljettajista 20 %:n vastaukset. Näitä vääriä näytettävään nopeakrajoitukseseen vaikuttavia tekijöitä olivat mm. liikennemäärä, taajama-alueet ja tien geometria.

#### 4.6.6 Kuljettajien mielipiteet järjestelmän tarpeellisuudesta ja luotettavuudesta

Kuljettajista 96 % piti sää- ja keliolosuhteiden mukaan muuttuvia nopeakrajoituksia hyödyllisinä. Useimmiten mainitut järjestelmän edut olivat liikenneturvallisuuden parantuminen (39 %), sujuvuuden parantuminen (21 %) ja nopeakrajoitusten parempi noudattaminen (15 %). Neljätolista prosenttia kuljettajista ei osannut nimetä yhtään muuttuvan nopeakrajoitusjärjestelmän etua.

Kuljettajista 52 % vastasi, ettei järjestelmällä ollut heidän mielestään mitään haittoja. Kaksikymmentäneljä prosenttia mainitsi, että nopeakrajoitukset eivät heidän mielestään olleet aina oikein asetettuja, ja 18 % kuljettajista ei osannut nimetä yhtään muuttuvan nopeakrajoitusjärjestelmän haittaa.

Kuljettajista 90 % sanoi järjestelmän olevan luotettava aina tai useimmiten. Yksikään kuljettaja ei vastannut, että järjestelmä ei olisi koskaan luotettava. Kuljettajien mielipiteet järjestelmän luotettavuudesta on esitetty tarkemmin kuvassa 21.



Kuva 21. Kuljettajien mielipiteet järjestelmän luotettavuudesta.

#### 4.6.7 Kuljettajien mielipiteet vallinneista keliolosuhteista ja nopeakrajoituksen oikeellisuudesta

Taulukossa 25 on esitetty merkeittäin kuljettajien mielipiteet haastatteluhetkellä vallinneista keliolosuhteista. Kuljettajien mielipiteet vallinneesta keli luokasta erosi tilastollisesti merkitsevästi kahden eri merkin (haastattelupäivän) välillä ( $\chi^2(2) = 203.3$ ,  $p < 0.001$ ). Muista turvaväli -tekstiviestiä näytettäessä yli 90 % kuljetta-



jista arvioi vallinneet keliolosuhteet hyväksi, kun vastaava osuus puuskainen tuuli -tekstiviestistä näytettäessä oli 66 %.

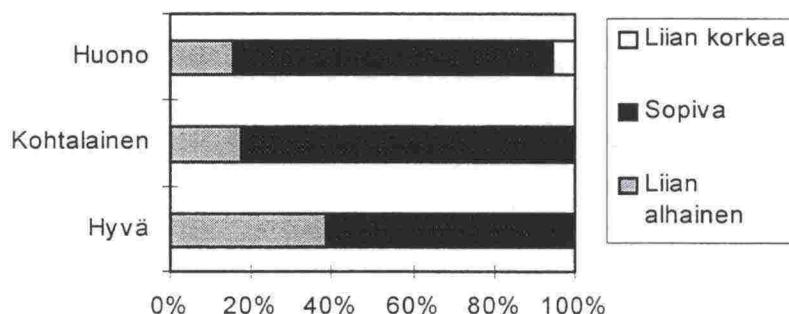
Taulukko 25. Kuljettajan mielipide haastatteluhetkellä vallinneesta keliluokasta merkeittäin.

Keliluokka	Osuus kuljettajista (%)	
	PUUSKAINEN TUULI (N = 175)	MUISTA TURVAVÄLI (N = 152)
Hyvä	13,2	92,1
Kohtalainen	65,7	7,2
Heikko	21,1	0,7

Näytettäessä puuskainen tuuli -tekstiviestiä 81 % kuljettajista piti näytettyä nopeusrajoitusta (80 km/h) sopivana. Muista turvaväli -tekstiviestiä näytettäessä vastaava osuus oli 61 %.

Kuljettajan mielipiteen keliluokasta vaikutusta kuljettajan mielipiteeseen näytetyn nopeusrajoituksen oikeellisuudesta tarkasteltiin ainoastaan puuskainen tuuli -tekstiviestin olosuhteissa, koska muista turvaväli -tekstiviestiä näytettäessä keliluokkien kohtalainen ja huono osuus oli melko pieni.

Tilastollisessa tarkastelussa kuljettajat (2 kpl), jotka sanoivat nopeusrajoituksen olleen liian korkea poistettiin aineistosta. Tarkastelu osoitti, että kuljettajan mielipide keliluokasta vaikutti tilastollisesti merkitsevästi kuljettajan mielipiteeseen näytetyn nopeusrajoituksen oikeellisuudesta ( $\chi^2(2) = 5.4$ ,  $p = 0.069$ ). Kuljettajan mielipiteen vallitsevasta keliluokasta vaikutus kuljettajan mielipiteeseen näytetyn nopeusrajoituksen oikeellisuudesta on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Kuljettajan mielipiteen vallitsevasta keliluokasta vaikutus kuljettajan mielipiteeseen näytetyn nopeusrajoituksen oikeellisuudesta. Aineisto sisältää vain puuskainen tuuli -tekstiviestin aineiston.

## 5 TARKASTELU

### 5.1 Ajonopeudet

Ennen järjestelmän käyttöön ottoa nopeusrajoitus oli sekaliikennetiellä talvella 80 km/h. Muuttuvan järjestelmän käyttöön ottamisen jälkeen tieosalla olivat käytössä nopeusrajoitukset 60 km/h, 80 km/h ja 100 km/h. Alimman, 60 km/h -nopeusrajoituksen käyttö oli kuitenkin erittäin vähäistä.

Tutkimuksessa analysoitiin nopeusrajoituksen 80 km/h nostamisen 100 km/h:iin vaikutusta sekaliikennetiellä. Vaikutus keskinopeuteen oli erilainen eri keliluokissa. Hyvällä kelillä jonon ulkopuolella ajavien henkilöautojen keskinopeus nousi 3,9 km/h, normaalilla kelillä 5,4 km/h ja huonolla kelillä 7,3 km/h. Koko liikenteen nopeus nousi huonolla kelillä jopa 10,3 km/h. Hyvällä kelillä keskinopeuden nousu oli aikaisempiin tutkimustuloksiin (Peltola 1978) verrattuna odotetun suuruinen mutta huonolla kelillä huomattavan suuri. Tämän suuruisen keskinopeuden kasvun arvioidaan lisäävän onnettomuuksia 35–40 % (Ranta ja Kallberg, 1996). Nopeusvaikutusten erilaisuus eri keleillä selittyy eri kelien nopeusjakaumalla ennen järjestelmän rakentamista. Kun keli on huono, kuljettajat ajavat hiljempää, ja nopeusrajoituksen nostamisen vaikutus keskinopeuteen on huomattava. Vastaavasti hyvällä kelillä ajettiin kovempaa jo ennen järjestelmän käyttöönottoa ja vaikutus keskinopeuteen oli pienempi. Liikenneturvallisuuden kannalta on erityisen haitallista nostaa keskinopeutta huonolla kelillä. Sääohjatun tien ohjauspolitiikan mukaisesti 100 km/h -nopeusrajoitusta ei pitäisi käyttää huonolla kelillä, ja nämä tilanteet ovatkin virhetilanteita, joita aineistossa esiintyi vain vähän.

Moottoriliikennetiellä suurin sallittu nopeus oli ennen järjestelmän rakentamista talvella ja kesällä 100 km/h. Vaihtuvana nopeusrajoituksena kesällä käytettiin myös alennettua 80 km/h -rajoitusta, kun keli oli huono esimerkiksi vesiliirtovaaaran takia. Rajoituksen alentaminen alensi keskinopeutta 3 km/h. Aikaisemmassa moottoritieosuuden tutkimuksessa (Rämä 1997) rajoituksen alentamisen vaikutus oli suurempi, mutta tällöin nopeusrajoitusta alennettiin korkeammasta (120 km/h) rajoituksesta. Nyt todettu vaikutus oli odotetun suuntainen ja suurin.

Liukkaan ajoradan merkki alensi keskinopeutta huonolla kelillä 2,5 km/h. Vaikutus keskinopeuteen oli samaa suuruusluokkaa kuin aikaisemmin on mitattu. Aineisto sisälsi myös tilanteita, joissa liukkaan ajoradan merkkiä oli käytetty (ohjauspolitiikan vastaisesti) hyvällä kelillä, tällöin nopeus aleni jopa 8,3 km/h. Todennäköisesti suurempi vaikutus johtui osittain siitä, että keskinopeus oli suurempi hyvällä kelillä. Tutkimusaineistojen keliluokitus on kuitenkin tiesääasematiedon perusteella tehty arvio, joka voi myös olla virheellinen. Kuljettajien näkökulmasta tilanne on voinut joka tapauksessa vaikuttaa piilevältä liukkaudelta, ja merkittävä vaikutus keskinopeuteen kertonee järjestelmän uskottavuudesta. Mi-



käli liukkaan ajoradan merkkiä kuitenkin käytetään usein silloin, kun ei ole liukasta, järjestelmän uskottavuus vähenee.

## 5.2 Aikavälit

Tutkimuksessa analysoitiin jonossa ajavien aikavälijakaumia eri keleillä. Voidaan todeta, että aikavälit olivat kelistä riippuvaisia siten, että mitä parempi keli sitä lyhyemmät aikavälit. Koe- ja vertailutien aikavälijakaumat olivat erilaiset siten, että vertailutiellä aikavälit olivat lyhyempiä kuin koetiellä.

Erityisesti analysoitiin muuttuvan liikennemerkkijärjestelmän vaikutusta lyhyiden alle sekunnin pituisten aikavälien osuuteen jonossa. Liukas ajorata -merkki vähensi merkittävästi lyhyiden aikavälien osuutta. Vaikutus oli huonolla kelillä 27 % ja normaalilla kelillä 25 %. Aikaisemmissa tutkimuksissa (esim. Rämä & al, 1996) ei tällaista turvallisuuden kannalta myönteisestä vaikutuksesta ole todettu. Nyt tutkitulla tiellä liikennemäärä on kuitenkin suurempi kuin aikaisemmassa tutkimuksessa. Muuttuva 80 km/h -nopeusrajoitus verrattuna kiinteään samaan rajoitukseen vähensi pienten aikavälien osuutta noin 10 %. Toisaalta muuttuvan 100 km/h nopeusrajoituksen käyttäminen normaalikelioiloissa lisäsi pienten aikavälien osuutta 31 %. Ohjauspolitiikan vastainen nopeusrajoitus siis huononsi liikenneturvallisuutta myös aikavälitarkastelun perusteella.

## 5.3 Järjestelmän toiminta

Muuttuvien liikennemerkkien ohjausta arvioitiin käsisäämittausten avulla. Tiemestaripiirin mittaajat kävivät koetieosuudella havainnoimassa säätä ja keliä sekä tekemässä kitkamittauksia. Mittaustuloksia verrattiin toisaalta samojen tienkohtien tiesääasematietoihin ja toisaalta tieosalla esitettyihin nopeusrajoituksiin ja varoituksiin. Käsisäämittaukset painottuivat huonoille keleille.

Nopeusrajoituksen arvioitiin olleen mittaajan havaitsemien sää- ja keliolojen mukainen sekaliikennetiellä 76 % tutkituista tapauksista ja moottoriliikennetiellä 60 % tapauksista. Tulos on likimain sama kuin aikaisemmassa moottoritien tutkimuksessa (Rämä 1997), jossa nopeusrajoitus arvioitiin olleen sopiva 72 % tapauksista. Käsin tehty järjestelmän ohjaus osoittautui tärkeäksi täydentämään automaattiohjausta. Aikaisemmassa tutkimuksessa nopeusrajoituksen arvioitiin käsisää- ja kitkamittausten perusteella olleen useammin liian korkea kuin matala. Samoin arvioituna rajoituksen todettiin nyt olleen ohjauspolitiikkaan verrattuna useammin liian matala kuin korkea.

Mittaajien kirjaama oma mielipide sopivasta nopeusrajoituksesta oli usein korkeampi, kuin mitä merkit osoittivat. Toisaalta mittaajat ehdottivat usein korkeaa nopeusrajoitusta, vaikka keli olikin melko huono.

Mittaajien tekemät havainnot kelistä vastasivat hyvin kitkamittauksen arvoja. Mittaajan arvio kelistä ja tiesääaseman kelimuuttujan arvot eivät vastanneet toisiaan yhtä hyvin: havainnot olivat 68 prosenttisesti lähes tai täysin samat (täysin

samoja havaintoja 23 %). Keli oli yleensä huonompi mittaajan havaintojen perusteella kuin tiesääaseman keli-muuttujan perusteella. Tiesääasemat luokittelivat kelin usein kuivaksi (41 % ja 53 %) vaikka kitka oli pieni (alle 0,3). Vaikka myös mittaajien tekemissä havainnoissa on virhettä, tulokset osoittavat, että tiesääasemia pitäisi kehittää tunnistamaan huonoa keliä. Tällöin voitaisiin harkita ohjauksen kehittämistä siten, että liukasta keliä voidaan käyttää myös alimman nopeusrajoituksen 60 km/h kriteerinä. Tämä olisi hyvä liikenneturvallisuuden kannalta, koska onnettomuusriski on suurimmillaan liukkaalla kelillä verrattuna muihin keleihin. Nykyisellään, kun alinta nopeusrajoitusta käytetään automaattisesti ohjattuna vain huonon näkyvyyden takia, tämän rajoitusarvon käyttö jää hyvin vähäiseksi.

Sekaliikennetien tiesääasema tunnisti mittaajan tekemien havaintojen mukaan sateen ja poudan hyvin, moottoriliikennetien tiesääasema tunnisti nämä jonkin verran huonommin. Mittaajien arvio näkyvyydestä ja sekaliikennetien näkyvyysanturin tieto eivät vastanneet toisiaan hyvin: tiesääaseman mukaan näkyvyys oli aina yli 300 metriä, vaikka se mittaajan mukaan olisi ollut heikompi.

## 5.4 Kuljettajien käsitykset

Kuljettajien käsityksiä järjestelmästä selvitettiin tienvarsihaastattelussa, kuten aikaisemmassakin moottoritieosuuden tutkimuksessa. Valtaosa vastaajista ajoi tieosalla kuukausittain tai useammin. Enemmistö (80 %) oli miehiä. Muuttuvat liikennemerkkit ja viestit muistettiin erittäin hyvin ja jonkin verran paremmin kuin aikaisemmassa moottoritieosuuden tutkimuksessa. Esitetyn nopeusrajoitusmerkin muisti 95 % kuljettajista. Muuttuvan opasteen muu vaara ja viestin puuskainen tuuli muisti 77 % ja muista turvaväli -tekstiviestin 47 % kuljettajista. Nyt tutkittujen muuttuvien viestien vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen heidän oman arvionsa mukaan oli jonkin verran suurempi kuin aikaisemman tutkimuksen merkkien.

Kuljettajat pitivät järjestelmää hyödyllisenä (96 %). Sen arvioitiin parantavan liikenneturvallisuutta, sujuvuutta ja nopeusrajoitusten noudattamista.

Nopeusrajoitusta (80 km/h) piti sopivana 81 % kuljettajista, kun olosuhteet olivat kohtalaiset, ja 61 %, kun olosuhteet olivat hyvät. Paikassa, jossa haastattelu tehtiin, oli lähes aina käytössä nopeusrajoitus 80 km/h. Vaikka tilanteet eivät ole täysin vertailukelpoisia, vaikuttaa siltä, että kriittisyys liian alhaisia nopeusrajoituksia kohtaan hyvän kelin aikana on lisääntynyt aikaisempaan moottoritieosuuden tutkimuksen tuloksiin verrattuna.

Haastattelussa selvitettiin myös sääohjatun järjestelmän ohjausperiaatteiden tuntemusta, koska tämän ajatellaan olevan motivoiva tekijä muuttuvien liikennemerkkien viestien mukaan toimimisessa. Nyt tehdyssä haastattelussa 70 % tiesi, että nopeusrajoituksia ohjataan sää- ja kelitiedon perusteella. Lisäkysymyksellä selvitettiin, kuinka hyvin vastaajat olivat selvillä ohjauksen ajantasai-



suudesta. Kuljettajista 56 % tiesi ohjauksen olevan ajantasaista. Tuntemus järjestelmän toimintaperiaatteista näyttäisi vähän huonontuneen.

## 5.5 Tutkimusasetelman arviointia

Tutkimusasetelma oli ennen–jälkeen koe–vertailu -asetelma. Vertailupisteenä käytettiin valtatiellä 7 Sääohjatusa tiestä länteen päin olevaa sekaliikennetien mittauspistettä. Vertailu- ja koepaikkojen nopeusrajoituksissa oli joitain eroja ennen järjestelmän rakentamista, mikä jonkin verran heikensi tutkimusasetelmaa. Vertailutien nopeusrajoitusten kanssa samat olivat koetien sekaliikennetien talvirajoitukset sekä moottoriliikennetien kesärajoitukset.

Keliluokitus tutkimusaineistoon tuotettiin tiesääasemalta, joka sijaitsee koetie-osuuden ja vertailupisteen välillä, koska koetien tiesääasematieto ei ollut käytävissä koko tutkimuksen ajalta. Tutkimuksessa käytetyssä tiesääasemassa ei ole näkyvyysanturia.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sekaliikennetiellä nopeusrajoituksen nostaminen 100 km/h:iin hyvällä kelillä nostaa keskinopeutta kohtuullisesti. Toimenpiteellä voidaan siten parantaa liikenteen sujuvuutta nostamatta onnettomuusriskiä huomattavasti. Huonolla kelillä näytetyt ylemmät rajoitukset nostavat kuitenkin keskinopeutta huomattavasti ja vieläpä huonoissa olosuhteissa eli lisäävät ilmeisesti ennestään korkeaa onnettomuusriskiä selvästi. Korkeamman nopeusrajoituksen käytössä on tämän vuoksi oltava varovaisia.

Ohjausjärjestelmän kehittämistarve korostuu entisestään, koska liian korkean nopeusrajoituksen esittäminen on haitallista liikenneturvallisuuden kannalta. Vaikka näitä virhetilanteita oli aineistossa vain vähän, näkyi haitallinen vaikutus sekä tarkasteltaessa ajonopeuksia että aikavälejä. Myös liian alhaisten nopeusrajoitusten käyttäminen voi olla ongelmallista, koska kuljettajat ovat jonkin verran kriittisempiä kuin aikaisemmin liian alhaisia nopeusrajoituksia kohtaan.

Nopeusrajoituksen 60 km/h käyttö on kovin vähäistä nykyisellään. Jotta järjestelmää voitaisiin käyttää tehokkaasti, käsin tehtävä ohjaus on edelleen tarpeen täydentämään automaattiohjausta. Ohjauspolitiikkaa voitaisi harkita muutettavan siten, että alinta nopeusrajoitusta käytettäisiin myös liukkaan kelin eikä pelkästään huonontuneen näkyvyyden takia. Edelleen voitaisi harkita alimman nopeusrajoituksen muuttamista 60 km/h:sta 70 km/h:iin, jotta alimman rajoituksen käyttö lisääntyisi.

Muuttuva 80 km/h -nopeusrajoitus ja etenkin liukkaan ajoradan merkki pidensivät merkittävästi ajoetäisyyksiä jonossa, mikä todennäköisesti parantaa liikenneturvallisuutta.

Alemman nopeusrajoituksen 80 km/h käyttö 100 km/h sijasta alensi moottoriliikennetiellä kesällä keskinopeutta ja parantaa siten turvallisuutta, kun olosuhteet ovat huonot.

Kuljettajien tietämys järjestelmän ohjausperiaatteesta oli vähän huonontunut. Asiaa voitaneen korjata edelleen tiedotuksella, esimerkiksi paikallisissa lehdissä ja muissa tiedotusvälineissä sekä mahdollisesti kuljettajankoulutuksessa.

Järjestelmä saa edelleen kuljettajien hyväksynnän. Sitä pidetään tarpeellisena, merkit muistetaan hyvin ja viestien arvioidaan vaikuttavan ajamiseen. Kuljettajat luottavat järjestelmään ja kuituoptisiin merkkeihin. Tämän vuoksi on tärkeää, että järjestelmän toiminnan luotettavuutta kehitetään.

## LÄHTEET

Kauste, E. 1998. Valtatien 7 (E18) sääohjauksen jatkaminen välillä Kotka - Pyhtää. Yhteenvetoraportti. Kouvola: Kaakkois-Suomen tiepiiri, Liikenteen palvelut. 51 s.

Luoma, J. 1996. Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonpeuksiin ja merkin muistamiseen. Helsinki: Tielaitos, Kehittämiskeskus. 26 s. (Tielaitoksen selvityksiä 76/1996) ISBN 951-726-302-3.

Rämä, P., Luoma, J., Harjula, V. 1999. Distraction due to variable speed limits. Traffic Engineering + Control, September 1999, Volume 40, Number 9. s 428-430.

Peltola, H. 1991. Autojen nopeudet vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilussa. Vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilu vuosina 1987-1989, osa 1. Espoo: VTT. 36 s. (Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen Tiedotteita 1222) ISBN 951-38-3854-4.

Portaankorva, P. 1997. Sääohjattu tie Siltakylä - Summa. Muuttuvien opasteiden ohjausperiaatteet. Kouvola: Kaakkois-Suomen tiepiiri. 11s.

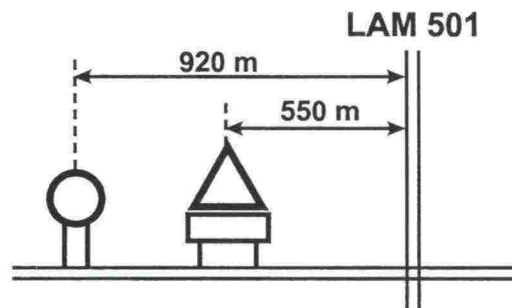
Ranta, S. ja Kallberg, V-P. 1996. Ajonopeuden turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi. Helsinki: Tielaitos, Tienpidon suunnittelu 76s. (Tielaitoksen selvityksiä 2/1996).

Rämä, P., Kulmala, R. ja Heinonen, M. 1996. Muuttuvien kelivaroitusmerkkien vaikutus ajonopeuksiin, aikaväleihin ja kuljettajien käsityksiin. Helsinki: Tielaitos. 54 s. (Tielaitoksen selvityksiä 1/1996) ISBN 951-726-178-0.

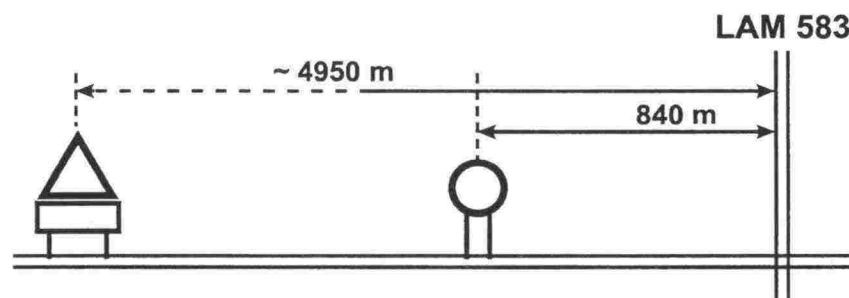
Rämä, P. 1997. Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka-Hamina-moottoritieellä. Helsinki: Tielaitos, Tiehallinto, Liikenteen palvelut. 64 s. (Tielaitoksen selvityksiä 1/1997) ISBN 951-726-311-2.

## Mittauspaikat

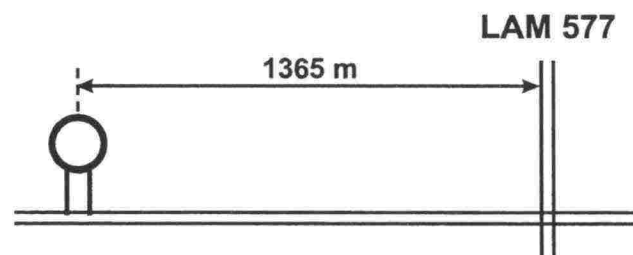
### SEKALIIKENNETIEN MITTAUSPISTE LAM 501



### MOOTTORILIIKENNETIEN MITTAUSPISTE



### MOOTTORILIIKENNETIEN MITTAUSPISTE





## Käsin tehtävä keliseuranta

Mittauksissa käytetään samaa lomaketta kuin talvikaudella 1997-98. Lomakkeessa on kohta arviolle sopivasta nopeusrajoituksesta. Mittaaja merkitsee ko. sarakkeeseen, mikä olisi hänen oman asiantuntemuksensa perusteella annetuista vaihtoehtoista sopivin rajoitus mittaushetkellä.

Kitkamittaus tehdään Digitrip-mittarilla voimakkaalla lukkojarrutuskokeella (yli 0,45 kitkaa ei tarvitse mitata).

Näkyvyyden arvioimiseksi valitaan maastomerkit ajosuuntaan 200 m:n ja 300 m:n päässä. Näkyvyyden kriteerinä on, että kohde on harmaasti näkyvissä.

Mittauksia tehdään mahdollisimman paljon, ja etenkin huonolla kelillä (tutkimuksen kannalta ei havaintojen määrällä ole ylärajaa, kaikki havainnot ovat arvokkaita). Mittauspisteitä on sääohjatun tien jatkeella yhteensä 10:

Mittauspiste: Paikka:

10	Mokran suora tiesääaseman kohta, suunta: Haminaan
11	Mokran suora tiesääaseman kohta, suunta: Helsinkiin
20	Tiesääasema Keisarin maja, suunta: Haminaan
21	Tiesääasema Keisarin maja, suunta: Helsinkiin
30A	Karhulan tiesääasema, suunta: Haminaan, pääajokaista
30B	Karhulan tiesääasema, suunta: Haminaan, ohituskaisista
31A	Karhulan tiesääasema, suunta: Helsinkiin, pääajokaista
31B	Karhulan tiesääasema, suunta: Helsinkiin, ohituskaisista
40	Keisarin maja, silta, suunta: Haminaan
41	Keisarin maja, silta, suunta: Helsinkiin

## Sään- ja kelinseurantalomake

Havainnoija .....  
pvm. ....

Mittauspiste	Klo	Kitka	Keli ajourissa	Sade	Sateen olomuoto	Näkyvyys	Tie ajourien ulkopuolella	Sopiva nopeusrajoitus	Kommentit
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

### Keli ajourissa

- 1 = kuiva
- 2 = kostea
- 3 = märkä
- 4 = märkä ja suolainen
- 5 = kuurainen
- 6 = luminen
- 7 = jäinen
- 8 = kostea ja suolainen
- 9 = sohjolumi

### Sade

- 0 = pouta
- 1 = heikko sade
- 2 = kohtalainen sade
- 3 = runsas sade

### Sateen olomuoto

- 0 = pouta
- 1 = tiheysade
- 2 = vesisade
- 3 = räntäsade
- 4 = lumisade
- 5 = jäätävä sade

### Näkyvyys

- 1 = < 200 m
- 2 = 200 – 300 m
- 3 = > 300 m

### Tie ajourien ulkopuolella

- 1 = samanlainen
- 2 = kostea tai märkä
- 3 = luminen tai jäinen
- 4 = polanne
- 5 = kuura

### Sopiva nopeusrajoitus

= 60 / 80 / 100 / 120

## Kuljettajahaastattelun lomake



YHDYSKUNTATEKNIikka  
LILY

MUUTTUVAT MERKIT/OPASTEET, HAASTATTELULOMAKE  
5.2.1998

Haastattelija ..... pvm ...../.....klo .....  
HAASTATeltaValle LUETAAN VAIN LIHavoidut TEKSTIT!  
Hyvää päivää. Onko Teillä muutama minuutti aikaa vastata tämän tien liikennemerkejä koskeviin kysymyksiin? Ei vastaa,  
..... (jos ei vastaa, täytä kohdat 19 ja 20)

1. Mikä oli nopeusrajoitus ennen kuin Teidät pysäytettiin?  
.....km/h
2. Minkä muuttuvan liikennemerkin tai -opasteen näitte viimeiseksi ennen pysäyttämistä?  
Merkki: ..... lisäteksti: .....
  - 1 muu vaara .....
  - 2 liukas ajorata .....
  - 3 tietyö .....
  - 4 pelkkä lisäteksti .....
  - 5 nopeusrajoitus .....
  - 5 muu merkki, mikä .....
  - 6 en osaa sanoa .....(Mikäli vastaus on puutteellinen kysytään 3, muuten siirrytään kohtaan 4.)
3. Oliko silinä muuta?
  - 1 lisäteksti .....
  - 2 muu merkki, mikä .....
  - 3 ei muuta .....
  - 4 en osaa sanoa .....
4. Tiedätkö, miten Teidän oletetaan reagoivan tähän viestiin?
  - 1 hiljentää vauhtia .....
  - 2 lisää tarkkaavaisuutta .....
  - 3 jättää pidemmän välin edellä ajavaan .....
  - 4 muuta, mitä .....
  - 5 en tiedä .....
5. Tällä kertaa Teidät pysäytettiin, mutta olisiko merkki muuten vaikuttanut ajamiseen?
  - 1 ei, miksei .....
  - 2 vaikutti, miten ? .....
  - 3 en osaa sanoa .....
6. Mikä olisi mielestänne sopiva nopeusrajoitus tällä hetkellä? .....km/h
7. Tiedätkö, mitä nopeusrajoituksia käytetään tällä tiellä nykyään?  
talvella ..... km/h ..... km/h ..... km/h  
kesällä ..... km/h ..... km/h ..... km/h
8. Tiedätkö, mitkä seikat vaikuttavat nopeus-rajoituksen suuruuteen tällä tieosuudella? (kuljettajan antamia vastauksia voidaan merkitä suoraan kohtaan 9.)
  - 1 sää ja keli .....
  - 2 tietyö .....
  - 3 liikennemäärä .....
  - 4 muu, mikä .....
  - 5 en tiedä .....
9. Voisitko selittää tarkemmin? (kysytään, mikäli kuljettaja vastaa kys.8 kohdan 1 (tai 4))
  - 1 sade .....
  - 2 näkyvyys .....
  - 3 tien pinta .....
  - 4 tuuli .....
  - 5 vuodenaika .....
  - 6 muu, mikä .....

10. Mitä hyviä puolia on mielestänne olosuhteiden mukaan vaihtuvilla nopeusrajoituksilla?
  - 1 parantaa sujuvuutta .....
  - 2 parantaa turvallisuutta .....
  - 3 noudatetaan paremmin .....
  - 4 muuta, mitä .....
  - 5 en osaa sanoa .....
11. Entä huonoja puolia?
  - 1 ei tiedä etukäteen matka-aikaa .....
  - 2 vaikeampi muistaa rajoitusta .....
  - 3 väärin asetettuja joskus .....
  - 4 muuta, mitä .....
  - 5 en osaa sanoa .....
12. Onko järjestelmä mielestänne luotettava
  - 1 aina .....
  - 2 enimmäkseen .....
  - 3 harvoin .....
  - 4 ei koskaan .....
  - 5 en osaa sanoa .....
13. Pidätkö olosuhteiden mukaan vaihtuvia nopeusrajoituksia
  - 1 tarpeellisina .....
  - 2 tarpeettomina .....
  - 3 en osaa sanoa .....
14. Onko keli nyt mielestänne
  - 1 hyvä .....
  - 2 kohtalainen .....
  - 3 huono .....
15. Kuinka usein olette ajaneet tällä tieosuudella, jolla käytetään muuttuvia opasteita?
  - 1 lähes päivittäin .....
  - 2 viikoittain .....
  - 3 kuukausittain .....
  - 4 ensimmäistä kertaa tällä tieosuudella .....
16. Mikä on matkanne  
lähtöpaikka .....?  
määräpaikka .....?
17. Kuinka monta kilometriä ajoitte autolla viimeisen 12 kuukauden aikana?  
.....km
18. Syntymävuosi .....
19. Sukupuoli ..... 1 mies ..... 2 nainen
20. Ajoneuvon tyyppi  
1 ha 2 pa 3 ka 4 muu, mikä .....

KIITOS JA HYVÄÄ MATKAA!

## Tilastollisissa malleissa käytettyjen muuttujien tasot

ajonluok ajoneuvoryhmä i

- 1 henkilöauto
- 2 kuorma-auto
- 3 linja-auto
- 4 puoliperävaunu
- 5 täysperävaunu
- 6 kevytperävaunu
- 7 matkailuperävaunu

piste LAM-piste j

- 0 koetie/501 tai 583
- 1 vertailutie/577

vuosi tarkastelujakso k

- 0 ennen muuttuvien käyttöönottoa
- 1 jälkeen

päivä viikonpäivä l

- 0 ma
- 1 ti, ke, to
- 2 pe
- 3 la
- 4 su

liikkmäär luokiteltu tuntiliikennemäärä m laskettuna  
edeltävältä 30 minuutilta

- 1 >800
- 2 600-800
- 3 400-600
- 4 200-400
- 5 100-200
- 6 <100

keli keliluokka r

- 0 hyvä keli
- 1 kohtalainen keli
- 2 huono keli
- 3 erittäin huono keli

viesti opasteessa annettu merkkiihdistelmä s

- 0 muuttuva 60 km/h
- 1 muuttuva 80 km/h + liukas ajorata
- 2 muuttuva 80 km/h
- 3 muuttuva 100km/h
- 4 kiinteä 80 km/h
- 5 kiinteä 100 km/h



## Logit-mallin sovit aikaväliaineistoon

### GENERAL LOGLINEAR ANALYSIS

#### Data Information

1440 cases are accepted.  
204 cases are rejected because of missing data.  
113394 weighted cases will be used in the analysis.  
1440 cells are defined.  
900 structural zeros are imposed by design.  
153 sampling zeros are encountered.

#### Variable Information

Factor      Levels    Value

AIKAVALI      2           Nettoaikavälin luokitus  
                 0 lyhyt aikaväli  
                 1 jonossa

TUNTILII      3           Tuntiliikennemäärä  
                 2 400-600  
                 3 100-200  
                 5 200-400

Model: Multinomial Logit

Design: Constant + AIKAVALI + AIKAVALI\*PAIVA + AIKAVALI\*TUNTILII +  
AIKAVALI\*KELI + AIKAVALI\*KELI\*VIESTI

#### Goodness-of-fit Statistics

	Chi-Square	DF	Sig.
Likelihood Ratio	256.9724	252	.4014
Pearson	254.1816	252	.4496

#### Parameter

721	[AIKAVALI = 0]
723	[AIKAVALI = 0] * [PAIVA = 0]
724	[AIKAVALI = 0] * [PAIVA = 1]
725	[AIKAVALI = 0] * [PAIVA = 2]
726	[AIKAVALI = 0] * [PAIVA = 3]
733	[AIKAVALI = 0] * [TUNTILII = 2]
734	[AIKAVALI = 0] * [TUNTILII = 3]
739	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 0]
740	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 1]
745	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 0] * [VIESTI = 1]
746	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 0] * [VIESTI = 2]
747	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 0] * [VIESTI = 3]
749	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 1] * [VIESTI = 1]
750	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 1] * [VIESTI = 2]
751	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 1] * [VIESTI = 3]
753	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 2] * [VIESTI = 1]
754	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 2] * [VIESTI = 2]
755	[AIKAVALI = 0] * [KELI = 2] * [VIESTI = 3]

Parameter	Estimate	SE	Asymptotic 95% CI		
			Z-value	Lower	Upper
721	-1.6990	.0377	-45.08	-1.77	-1.63
723	.0083	.0393	.21	-.07	.09
724	.0634	.0339	1.87	-3.079E-03	.13
725	.0611	.0376	1.62	-.01	.13
726	-.0354	.0404	-.88	-.11	.04
733	-.0783	.0562	-1.39	-.19	.03
734	-.0638	.0223	-2.86	-.11	-.02
739	-.7495	.0601	-12.47	-.87	-.63
740	-.3963	.0271	-14.65	-.45	-.34
745	-.3419	.1358	-2.52	-.61	-.08
746	-.0581	.0754	-.77	-.21	.09
747	-7.7648	21.4906	-.36	-49.89	34.36
749	-.3216	.0939	-3.43	-.51	-.14
750	-.1216	.0258	-4.71	-.17	-.07
751	.3130	.0595	5.26	.20	.43
753	-.1666	.2309	-.72	-.62	.29
754	-.1967	.0406	-4.84	-.28	-.12
755	-.0447	.0490	-.91	-.14	.05

## Kelihavaintojen vastaavuus

Taulukko 6/1 Kelihavaintojen vastaavuus sekaliikennetiellä Kotkan suuntaan.

havaintoja (n = 114)		Tiesäaseman 3007 luokittelu keli							
		kuiva	kostea	kostea ja suolainen	märkä	märkä ja suolainen	kuura	lumi	jää
Havaittu ajourien keli	kuiva (n=19)	16	–	1	–	–	–	1	1
	kostea (n=13)	2	6	5	–	–	–		–
	kostea ja suolainen (n=21)	6	3	8	–	–	–	3	1
	märkä (n=8)	4	–	1	2	–	1		–
	märkä ja suolainen (n=16)	3	2	5	–	1	1	3	1
	kuurainen (n=6)	2	–	1	–	–		3	–
	luminen (n=4)	1	–	–	–	1		2	–
	jäinen (n=24)	10	1	3		2	1	6	1
	sohjolumi (n=3)	–	–	1	–	2	–	–	–

Tiesäaseman 3007 ilmoittama keli oli 32 %:sti sama kuin mittajaan havaitsema keli. Keli oli selvästi huonompi kuin tiesäaseman ilmoittama keli 21 %:ssa tapauksista: kelin oli havaittu olevan joko sohjoinen, luminen, jäinen tai kuurainen mutta tiesäasema tulkitse kelin kuivaksi, märäksi, märäksi ja suolaiseksi, kosteaksi tai kosteaksi ja suolaiseksi. Tapauksista 11 %:ssa tiesäasema ilmoitti kelin olevan mahdollisesti liukas (kuura, lumi, jää), vaikka mittajaan havaitsema keli oli kuivasta märkään ja suolaiseen

Taulukko 6/2. Kelihavaintojen vastaavuus moottoriliikennetiellä Kotkan suuntaan.

havaintoja (n = 105)		Tiesäaseman 3006 luokittelu keli						
		kuiva	kostea	kostea ja suolainen	märkä	märkä ja suolainen	lumi	jää
Havaittu ajourien keli	kuiva (n=14)	11	–	2	–	–	1	–
	kostea (n=14)	1	4	7	–	2	–	–
	kostea ja suolainen (n=18)	3	2	8	–	–	1	4
	märkä (n=11)	2	5	2	1	1	–	–
	märkä ja suolainen (n=16)	3	1	6	–	–	4	2
	kuurainen (n=3)	2	–	–	–	–	1	–
	luminen (n=2)	2	–	–	–	–	–	–
	jäinen (n=25)	13	1	3	–	–	7	1
	sohjolumi (n=2)	–	–	1	–	–	1	–

Tiesäaseman 3006 ilmoittama keli oli 24 %:sti sama kuin mittajaan havaitsema keli. Keli oli selvästi huonompi kuin tiesäaseman ilmoittama keli 21 %:ssa tapauksista: kelin oli havaittu olevan joko sohjoinen, luminen, jäinen tai kuurainen mutta tiesäasema tulkitse kelin kuivaksi, märäksi, märäksi ja suolaiseksi, kosteaksi tai kosteaksi ja suolaiseksi. Tapauksista 11 %:ssa tiesäasema ilmoitti kelin olevan mahdollisesti liukas (lumi, jää), vaikka mittajaan havainto kelistä oli kuivasta märkään ja suolaiseen

## Kitkamittausten ja kelihavaintojen vastaavuus

Taulukko 7/1. Kitkamittausten ja kelihavaintojen vastaavuus sekaliikennetiellä Kotkaan.

			Kitka		
			Huono	Kohtalainen	Hyvä
keli	kuiva	havaittu (n=19)	–	–	19
		tiesäaasema (n=44)	7	8	29
	kostea	havaittu (n=13)	–	–	13
		tiesäaasema (n=12)	–	2	10
	kostea ja suolainen	havaittu (n=21)	–	9	12
		tiesäaasema (n=25)	–	8	17
	märkä	havaittu (n=8)	–	–	8
		tiesäaasema (n=2)	–	–	2
	märkä ja suolainen	havaittu (n=16)	–	–	16
		tiesäaasema (n=6)	3	1	2
	kuura	havaittu (n=7)	2	5	–
		tiesäaasema (n=3)	1	–	2
	sohjolunta	havaittu (n=0)	–	2	1
		tiesäaasema (n=0)	–	–	–
	luminen	havaittu (n=4)	2	1	1
		tiesäaasema (n=18)	6	6	6
	jäinen	havaittu (n=24)	14	9	1
		tiesäaasema (n=4)	–	1	3

Taulukko 7/2. Kitkamittausten ja kelihavaintojen vastaavuus moottoriliikennetiellä Kotkaan.

			Kitka		
			Huono	Kohtalainen	Hyvä
keli	kuiva	havaittu (n=14)	–	1	13
		tiesäaasema (n=37)	10	9	18
	kostea	havaittu (n=14)	–	3	11
		tiesäaasema (n=13)	–	1	12
	kostea ja suolainen	havaittu (n=18)	–	9	9
		tiesäaasema (n=29)	1	10	18
	märkä	havaittu (n=11)	–	1	10
		tiesäaasema (n=1)	–	–	1
	märkä ja suolainen	havaittu (n=16)	–	1	15
		tiesäaasema (n=3)	–	1	2
	kuura	havaittu (n=3)	–	3	–
		tiesäaasema (n=0)	–	–	–
	sohjolunta	havaittu (n=2)	1	–	1
		tiesäaasema (n=0)	–	–	–
	luminen	havaittu (n=2)	1	1	–
		tiesäaasema (n=14)	7	4	3
	jäinen	havaittu (n=25)	17	8	–
		tiesäaasema (n=8)	1	2	5



## Sadehavaintojen luotettavuus

Taulukko 8/1. Sadehavaintojen luotettavuus sekaliikennetiellä.

havaintojen lukumäärä (n=100)		Tiesäaseman 3007 havainto sateesta (%)		
		pouta	heikko vesisade	heikko jäätynyt sade
Havainto sateesta	pouta (n=52)	42	1	9
	heikko sade (n=34)	7	—	27
	kohtalainen sade (n=12)	1	—	11
	runsas sade (n=2)	—	—	2

Taulukko 8/2. Sadehavaintojen luotettavuus moottoriliikennetiellä.

havaintojen lukumäärä (n=105)		Tiesäaseman 3006 havainto sateesta (%)			
		pouta	heikko vesisade	kohtalainen vesisade	heikko jäätynyt sade
Havainto sateesta	pouta (n=53)	47	—	—	6
	heikko sade (n=35)	20	8	1	6
	kohtalainen sade (n=12)	6	2	—	4
	runsas sade (n=5)	4	1	—	—

## Havainnot sateen olomuodosta ja samanaikainen tie- sääaseman 3007 ilmoittama tieto

Havaintojen lukumäärä (n=98)		Tiesääaseman 3007 ilmoittama sateen olomuoto			
		Pouta	Vesisade	Lumisade	Märkä räntä
Havaittu sateen olomuoto	Pouta (n=50)	40	1	9	–
	Tihkusade (n=7)	6	–	1	–
	Vesisade (n=1)	–	–	1	–
	Räntäsade (n=7)	2	–	3	1
	Lumisade (n=33)	–	–	32	3

ISBN 951-726-588-3  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200587